LES ASCENSEURS ET MONTE-CHARGE DANS LE BATIMENT

Constitution, détermination et implantation des appareils Sécurité et réglementation

par

Louis-Jacques SESIA

ÉDITIONS DU MONITEUR DES TRAVAUX PUBLICS

1970

LES ASCENSEURS ET MONTE-CHARGE DANS LE BATIMENT

Constitution, détermination et implantation des appareils Sécurité et réglementation

par

Louis-Jacques SESIA

Ingénieur-conseil
Expert près la cour d'appel de Paris

ÉDITIONS DU MONITEUR DES TRAVAUX PUBLICS

91, rue du Faubourg Saint-Honoré, PARIS (VIII)

1970

TABLE DES MATIÈRES

Chapitre III. — Sécurité

Chapitre IV
Introduction à l'étude dynamique des ascenseurs

Chapitre V. — Détermination des appareils

Chapitre VI. — Implantation

●

Préface

Cet ouvrage sur les ascenseurs et monte-charge n'est pas un manuel de construction ou de technologie. Son but essentiel est d'apporter, en les commentant, les renseignements qui permettent de répondre aux principales questions que se pose le projeteur, de déterminer les caractéristiques et l'implantation de l'appareil convenant à un programme donné et d'éviter les contradictions dans les cahiers des charges et devis descriptifs.

En particulier, dans notre carrière « d'ascenseuriste », nous avons été amené à rectifier des erreurs qui avaient été commises, dès l'origine, dans le projet du maître d'œuvre ou du maître d'ouvrage, mais maintes fois ces erreurs étaient irréparables : nous espérons que notre étude aidera à les éviter.

Cet ouvrage s'adresse aux maîtres d'œuvre en général, architectes, ingénieurs, techniciens, aux bureaux d'études, aux entreprises générales, aux maîtres d'ouvrage, à tous ceux qui sont appelés un jour ou l'autre à se pencher sur le problème du transport vertical dans le bâtiment.

* * *

Après un court historique, le chapitre premier *rappelle la réglementation technique relative aux ascenseurs et monte-charge.*

Le chapitre II *est consacré à la description des éléments constitutifs des appareils et dont la connaissance nous paraît nécessaire ou utile pour aborder rationnellement les problèmes d'implantation de l'appareil et de rédaction du devis descriptif.*

Le chapitre III *traite de la sécurité des appareils et de l'incidence de la réglementation sur les dispositions à prendre dans leur construction et leur installation.*

Dans le chapitre IV *sont brièvement rappelées les questions de dynamique relatives à ces appareils, dans le cadre des préoccupations du maître d'œuvre.*

Le chapitre V, *avec l'étude des vitesses des appareils, des manœuvres qui les commandent et de leur capacité résultant du calcul de trafic, intéresse la détermination de leurs caractéristiques à partir des données habituelles. C'est le chapitre le plus détaillé, car c'est à ce stade que se place le choix qui permettra d'obtenir une réalisation correcte ou d'éviter une erreur fondamentale.*

Le chapitre VI *concerne l'implantation, problème important par son incidence sur le plan général de l'immeuble et trop souvent négligé. Beaucoup de plans donnent l'impression que l'ascenseur a été situé après coup : par exemple, les dimensions de la gaine ne conviennent pas à la réalisation de l'appareil décrit dans le cahier des charges.*

Ce livre est l'aboutissement de l'expérience que nous avons acquise et des études que nous avons effectuées en équipe avec d'autres ingénieurs à la Société Ascinter (ex Baudet-Donon-Roussel et Édoux-Samain, devenue Ascinter-Otis) sur les problèmes concernant les ascenseurs et monte-charge. Nous étions plus particulièrement spécialisé dans les questions de moteurs, manœuvres, schémas, études de trafic, mais nous avons largement bénéficié de l'expérience de nos collègues en ce qui concerne notamment le matériel mécanique et les études d'implantation. Nos échanges d'idées avec des techniciens et ingénieurs de Roux-Combaluzier, de Stahl, de Falconi, nous ont également été des plus utiles.

Nous remercions vivement nos anciens collègues, MM. De Andréa, Camas, Dauphin, Revel de la Société Ascinter, M. Ficheux de la Société Roux-Combaluzier pour l'aide que depuis 1953 *ils nous ont apportée dans l'acquisition de notre expérience. Nous remercions également Mlle Barnier, à qui cet ouvrage doit l'ensemble des dessins, tracés d'abaques et leur calcul et qui nous a beaucoup aidé dans la préparation matérielle de cet ouvrage.*

Nous remercions également les sociétés Ascinter-Otis, Falconi, La Paumellerie électrique, Peignen, Roux-Combaluzier, Siminor, Stahl et Westinghouse qui nous ont communiqué les documents qui ont permis l'illustration de cet ouvrage.

Nous remercions enfin notre éditeur d'avoir accepté la publication de ce livre et du soin qu'il a apporté à sa présentation.

Louis-Jacques SÉSIA

CHAPITRE PREMIER

GÉNÉRALITÉS

I. — Introduction

La tendance de la civilisation moderne s'oriente vers l'équipement rationnel de l'habitat : chauffage, distribution d'eau chaude, conditionnement d'air et ascenseurs. Le développement rapide depuis une cinquantaine d'années des structures d'acier a permis la construction d'immeubles élevés. Mais, sans cependant avoir à atteindre la hauteur des gratte-ciel, dans les immeubles d'un nombre d'étages réduit, l'ascenseur est devenu de nos jours l'un des éléments indispensables à la vie moderne. Il n'en est pour exemple que d'entendre les récriminations des usagers lorsque le fonctionnement d'un de ces appareils est en défaut. Il est de l'ascenseur comme de l'électricité ou de la distribution d'eau : on ne peut plus s'en passer. Il est le robot dont on attend impitoyablement le service. Robot doué dans certains cas d'une intelligence faite de mémoire et de logique, capable d'analyser des situations au fur et à mesure de leur développement, de communiquer par des signaux des renseignements à ceux qui l'utilisent. Robot fidèle et discipliné.

Mais, au cours de son évolution, l'ascenseur-robot n'a pas toujours été ce qu'il est à l'heure actuelle. Il a provoqué des accidents souvent mortels car celui qui s'en servait ne pensait pas toujours à s'en préserver. Des modifications techniques ont été apportées, des règlements ont été prescrits pour prévenir l'imprudence des usagers et éviter les fausses manœuvres, pour établir entre l'ascenseur et l'homme des rapports exempts d'incidents.

Mais, si l'ascenseur est devenu cet auxiliaire précieux qui épargne journellement à des millions de personnes la fatigue d'escaliers interminables, s'il a permis lorsqu'il a été assez évolué la construction des buildings américains à New York ou à Chicago, de la tour de télévision de Moscou, haute de plus de 520 m, il fut d'abord un appareil actionné par l'homme.

Dans le présent chapitre, nous allons jeter un coup d'œil rapide sur la période « héroïque », période qui mériterait que l'on s'y attachât avec plus d'insistance; nous verrons de quels progrès l'apport de l'électricité fut la

source et comment, ensuite, peu à peu, prit naissance une réglementation d'abord assez confuse, mal adaptée, puis plus précise, plus élaborée. Nous situant à l'ère de la normalisation, nous parlerons enfin succinctement des projets des normes internationales.

Avant de passer aux chapitres concernant l'étude des appareils, nous aurons à définir les termes spéciaux utilisés dans cette profession, de nos jours encore trop mal connue.

II. — Historique

A. — Premiers pas

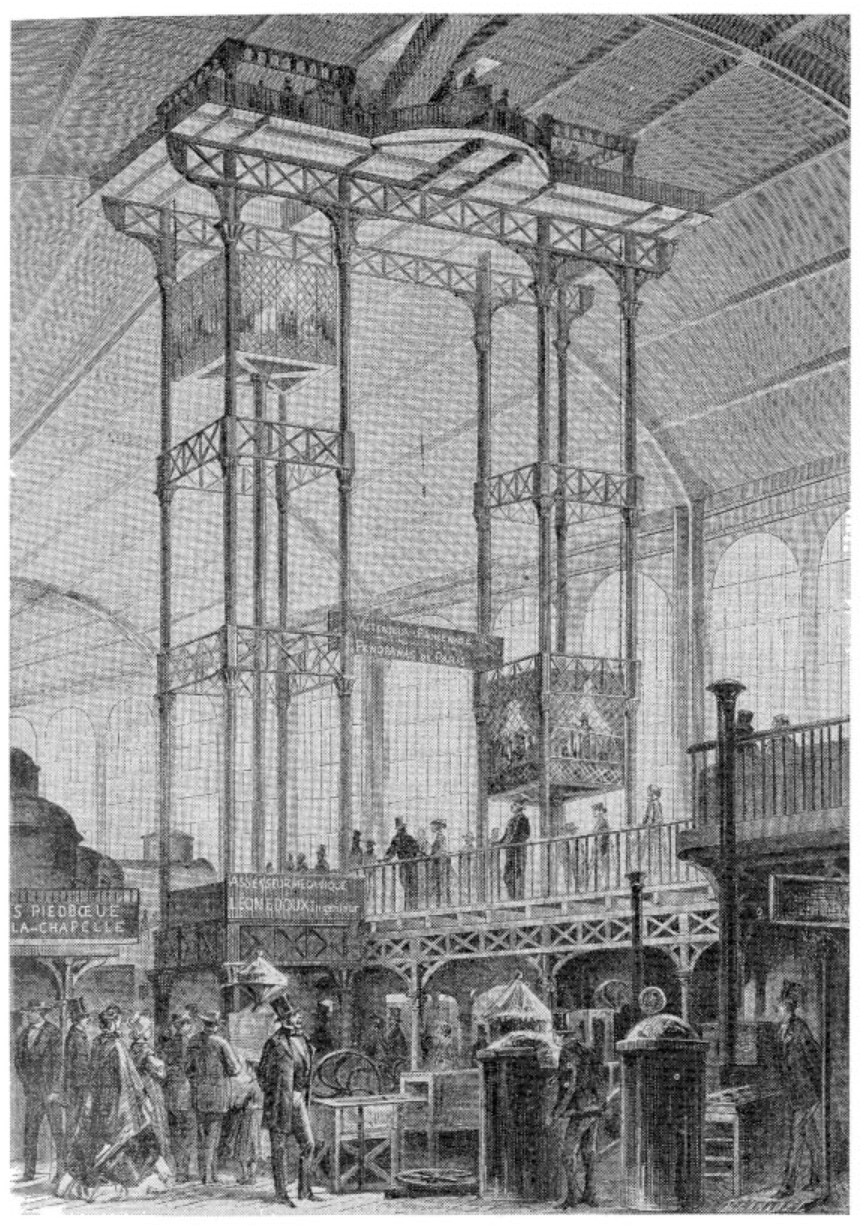
En remontant dans l'histoire des techniques, on trouve des essais dans le domaine de la manutention verticale.

Ainsi, Vitruve, architecte romain du Ier siècle avant Jésus-Christ, a décrit un appareil élévateur de personnes qui se composait d'un treuil commandé à bras. En 1743, une « chaise volante », qui consistait en une cabine équilibrée que l'occupant pouvait faire monter ou descendre par la force musculaire en tirant sur une corde, avait été installée au Château de Versailles sur ordre de Louis XV, pour permettre d'accéder directement au deuxième étage des appartements de la Duchesse de Chateauroux.

C'est en 1855, aux États-Unis, qu'apparaît pour la première fois un élévateur actionné par une machine à vapeur. Robert M. Vogel, dans une publication de l'« United states national museum » signale que c'est probablement en 1857 que fut installé le premier ascenseur pour le transport des personnes dans un grand magasin de Broadway à New-York. A partir de 1867, Otis et Tufts, puis Watermann et Fox, construisirent des élévateurs mus par des machines à vapeur, utilisés principalement pour l'élévation de l'eau dans les réservoirs.

En Europe, c'est surtout à Léon Edoux que l'on doit l'essor de l'ascenseur Venu s'installer à Paris en 1864 comme entrepreneur de Travaux publics, Léon Edoux, en recherchant un dispositif susceptible de faciliter la manutention de ses matériaux, pensa à utiliser l'énergie de l'eau de ville sous pression comme puissance ascensionnelle : l'ascenseur hydraulique était né.

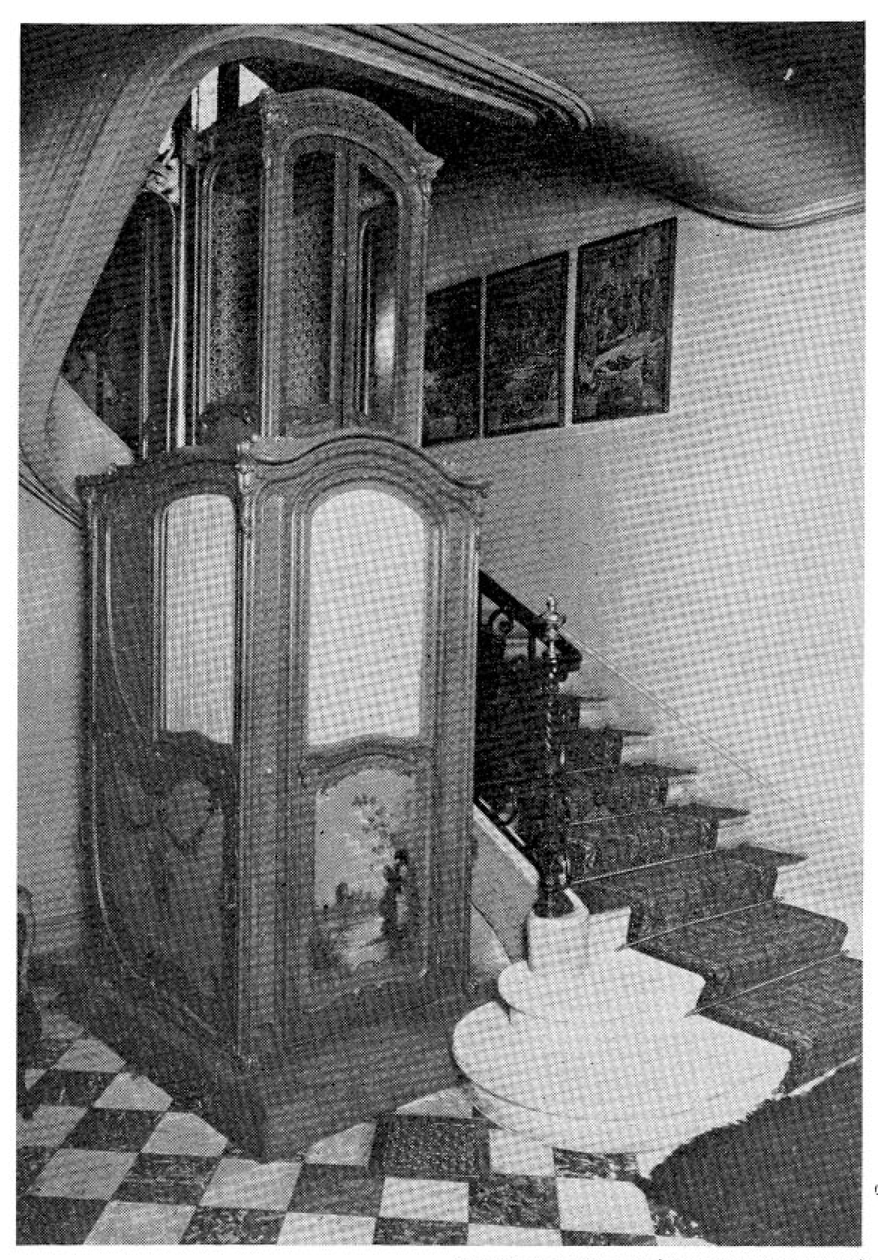
Il commença par installer sur des chantiers des « balances hydrauliques ». Il inventa, ensuite, l'élévateur à piston plongeur, destiné au transport de personnes. Le principe en était simple : les usagers montaient dans la cabine de l'appareil, équilibrée par des contrepoids et, selon qu'ils voulaient monter ou descendre, actionnaient le robinet d'admission de l'eau de ville sous pression — qui, par suite de l'équilibrage de la cabine n'avait à élever que le poids des usagers — ou le robinet d'évacuation de l'eau à l'air libre.



DOCUMENT « EXPOSITION UNIVERSELLE », PARIS 1867.

FIG. 1. — *Les premiers ascenseurs français présentés à l'Exposition universelle de* 1867.

Les deux ascenseurs de l'Exposition universelle de 1867 (fig. 1) firent l'admiration des visiteurs. Totalement indépendants l'un de l'autre, ils



DOCUMENT EDOUX-SAMAIN (COLLECTION ASCINTER-OTIS)

FIG. 2. — *Un ascenseur de la fin du siècle dernier, qui ne manque pas de charme, mais ... de protection*

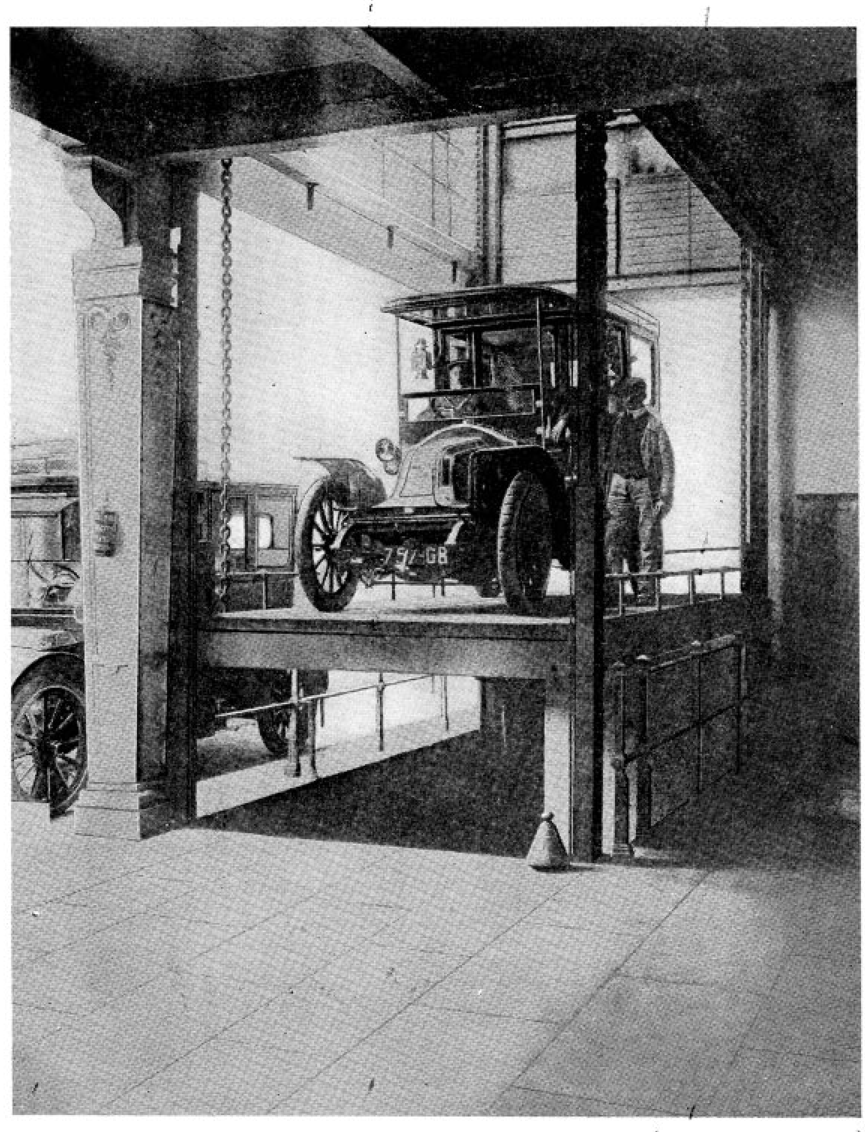
pouvaient monter leur cabine à une hauteur de 21 m au-dessus du sol; cette réalisation valut une médaille d'argent à Léon Edoux.



DOCUMENT EDOUX-SAMAIN (COLLECTION ASCINTER-OTIS)

FIG. 3. — *Les protections sont nées et avec elles la réalisation de ferronneries d'art.*

Puis, après que Napoléon III eut commandé des ascenseurs pour le Palais de Saint-Cloud, de nombreux appareils furent installés dans des hôtels et immeubles (fig. 2 et 3), et notamment dans le nouveau quartier



DOCUMENT EDOUX-SAMAIN (COLLECTION ASCINTER-OTIS)

FIG. 4. — *Monte-voiture du début du siècle.*

de l'Opéra (1). En 1878, la Croix de la Légion d'honneur est décernée à

(1) Nous avons relevé notamment, dans la revue *L'artiste* juin 1878, une annonce publicitaire où un grand hôtel du quartier de l'Opéra citait, parmi les éléments attractifs de son établissement, trois ascenseurs « desservant cinq étages pour monter et pour descendre (5e étage compris) depuis six heures du matin jusqu'à une heure après minuit ».

Léon Edoux pour une réalisation remarquable : l'ascenseur hydraulique installé dans une des deux tours du Palais du Trocadéro construit pour l'Exposition universelle : cet ascenseur pouvait transporter 80 personnes sur une dénivellation de 60 m.

Pourtant, la réalisation la plus audacieuse de celui « qui a créé l'industrie des ascenseurs » (suivant les termes du décret du 3 janvier 1892 par lequel Léon Edoux fut promu officier de la Légion d'honneur) restait pourtant à faire. Elle le fut quelques années plus tard, lorsqu'il construisit l'ascenseur double de la Tour Eiffel, inauguré lors de l'Exposition universelle de Paris en 1889. Cet ascenseur permettait de transporter 65 personnes du deuxième au troisième étage de la Tour Eiffel, soit sur une hauteur de 160,40 m (avec arrêt et changement de cabine en milieu de course) à la vitesse de 0,80 m/s (2).

Aux États-Unis, une certaine avance apparaît déjà : les ascenseurs sont entraînés avec les machines à vapeur par l'intermédiaire d'un treuil à tambour. Mais ce système (utilisé encore de nos jours dans certains cas particuliers, mais avec l'énergie électrique) fut rapidement dépassé en raison de la hauteur de plus en plus grande des buildings américains, les dimensions des tambours devenant trop importantes pour l'enroulement des câbles nécessaires.

B. — *Apparition de l'électricité*

Cependant, parallèlement aux travaux des ingénieurs du levage, Zenobe Gramme invente en 1871 la première dynamo industrielle à courant continu et, en 1873, à l'exposition d'électricité de Vienne, présente le moteur réversible.

Dès lors, les techniciens orientent leurs recherches vers la réalisation d'ascenseurs mus par le courant électrique.

C'est l'électricien allemand Werner von Siemens qui, en 1880, construisit le premier ascenseur électrique présenté à l'occasion de l'Exposition universelle de Palatinat.

D'autre part, vers 1895, un manque d'eau affectant des grandes villes de France, on accusa les ascenseurs hydrauliques de provoquer un gaspillage important, en partie cause de cette pénurie. Le prix de l'eau que consommaient ces appareils fut doublé. Cette décision incita les constructeurs à se tourner vers l'énergie électrique.

C'est à cette époque que Léon Edoux commença à utiliser l'énergie électrique, ce qui permit la suppression du piston et son remplacement

(2) Lors de l'Exposition de 1900, la charge utile de cet ascenseur fut portée de 65 à 80 personnes et la vitesse de 0,80 m/s à 1m/s. Il est intéressant de noter que ces ascenseurs sont toujours en service de nos jours : la capacité est actuellement de 75 personnes, et la vitesse de 0,90 m/s.

par un moteur électrique actionnant un treuil d'enroulement des câbles de traction de la cabine. Il inventa également le « parachute à billes », organe de sécurité destiné à immobiliser la cabine presque instantanément en cas de rupture des câbles porteurs.

Mais les constructeurs américains gardaient encore une certaine avance- On peut en effet considérer que dès 1891 l'ascenseur électrique, aux États-Unis, a pris, avec la firme Morse Williams et Co, sa forme commerciale.

Un moteur électrique est directement accouplé à un treuil mécanique constitué par une roue hélicoïdale et une vis tangente. C'est le dispositif que nous utilisons encore de nos jours.

D'importantes améliorations vont par la suite être apportées dans les détails de construction; on verra peu à peu l'électricité prendre une importance de plus en plus grande particulièrement dans les dispositifs de commande. Les machines-outils perfectionnées permettent de parfaire les usinages, les instruments de mesure d'assurer un contrôle rigoureux des fabrications. Enfin, au cours des dernières années, les techniques évoluées et les matériaux nouveaux leur sont appliqués : électronique, plastiques.

La nomenclature officielle des activités classe les ascenseurs et monte-charge dans la branche 11 du groupe 28 « Construction électrique » et non dans les groupes 33 « Bâtiment » ou 34 « Travaux publics ».

C. — *Situation actuelle en France*

Cette industrie est représentée par trente-neuf entreprises de plus de cinq personnes mais, en réalité, les fabricants, c'est-à-dire ceux qui possèdent les usines, le matériel et le personnel susceptible d'assurer la production du matériel mécanique et électrique, sont tout au plus au nombre de cinq ou six. Les autres constructeurs emploient des éléments achetés chez des fournisseurs spécialisés et font figure d'installateurs plutôt que de constructeurs.

Le chiffre d'affaires de cette profession subit, depuis une dizaine d'années, une progression régulière qui reflète l'importance donnée à l'habitat.

L'I.N.S.E.E. donne, en millions de francs :

1959 : 223	1964 : 442
1961 : 313	1965 : 523
1962 : 347	1966 : 611
1963 : 385	1967 : 695

L'indice de production (base 100 en 1956) est passé de 171,5 en 1959 à 449,6 en 1966.

Le personnel, cadres et employés et ouvriers, a suivi cette pente dans des conditions analogues, mais moins rapides, ce qui impliquerait une amélioration du chiffre par salarié.

Actuellement cette profession occupe :

— 8115 ouvriers, soit un indice de 223,2 par rapport à 1956;

— 3181 cadres et employés, soit un indice de 251,3 par rapport à 1956.

Soit un effectif total de 11 296 salariés : indice 230,4, pour un nombre d'heures de travail de 17 953.10^3 (indice 218,4) (Rapport statistique de 1966 - I.N.S.E.E.).

Le chiffre d'affaires par salarié ressort à 54,13 milliers de francs, ce qui est au-dessous de la moyenne habituelle.

En ce qui concerne le nombre d'appareils installés par an, bien qu'il soit en progression, il n'en demeure pas moins inférieur à celui de nos voisins.

1959 : 5150
1960 : 5498
1961 : 6211
1962 : 6643
1963 : 6802
1964 : 8312
1965 : 9940
1966 : 11642
1967 : 11577

Il semble que l'on est en train d'atteindre le point culminant et qu'une cassure se produit dans la progression de cette courbe.

Le nombre d'appareils connus dépasse légèrement 100 000 sur le territoire français (il est de 150 000 en Italie).

De nombreux appareils, ascenseurs et monte-charge, vétustes, non réglementaires aussi bien dans les anciens immeubles d'habitation que dans certaines usines, restent encore en service.

Certains présentent, chacun le sait, un danger réel pour les utilisateurs, mais notre législation est ainsi faite que les obligations édictées par les réglements ne comportant pas de sanctions directes, les transformations indispensables ne sont pas réalisées... en attente du prochain accident mortel.

III. — Réglementation

A. — Réglementation française

La réglementation française est actuellement basée sur la norme NF P 82 201 (texte de janvier 1965) intitulée « Règles générales de construction et d'installation concernant la sécurité ».

Ce texte a subi bien des vicissitudes avant que son application ne soit rendue obligatoire dans toute la France par l'arrêté ministériel du 28 décembre 1964 paru au *Journal officiel* du 9 janvier 1965.

Son objet, la norme en définit elle-même les termes :

— d'une part, assurer la sécurité des personnes des points de vue suivants : sécurité des abords, sécurité d'accès, sécurité de transport, sécurité du personnel d'entretien;

— d'autre part, assurer la protection du matériel contre les causes de détérioration ou d'avarie.

Elle est donc avant tout une norme de réception plus qu'un texte édictant des règles de fabrication. Et, en ce sens, ses rédacteurs ont eu raison. Si, parfois, compte tenu de leur expérience personnelle, ils ont été amenés à imposer certaines dimensions, c'est pour éviter certains abus que des constructeurs peu scrupuleux avaient été portés à commettre.

Ce texte n'intéresse cependant que « les ascenseurs et monte-charge électriques ou commandés électriquement ». C'est une lacune car, mus ou non électriquement, ces appareils, de par leur constitution, peuvent présenter les mêmes dangers.

Mais, prudemment, et connaissant les détours de notre législation, le rédacteur ajoute dans son article 1.23 :

« L'observation de la présente norme ne dispense pas de se conformer aux dispositions des textes réglementaires pouvant trouver leur application au sujet des ascenseurs et monte-charge ».

Et, effectivement, le nombre des textes connexes est assez important.

D'une part la NF P 82 201 donne la liste des normes françaises homologuées concernant les ascenseurs et monte-charge, au nombre de 29 :

— les normes NF P 82 202 à 82 206 (cinq normes) sur les règles particulières d'installations concernent plus particulièrement le constructeur;

— les normes NF P 82 401 à 82 452 (quinze normes) : normes dimensionnelles des cabines et de certaines bennes de monte-charge sont actuellement en révision;

— les normes NF P 82 461 à 82 483 (neuf normes) sur les portes palières concernent également plus le constructeur que le maître d'œuvre; mais celui-ci pourra s'y reporter pour l'établissement de ses projets.

D'autre part, divers textes existants ou nouvellement promulgués viennent s'ajouter à la NF P 82 201 :

1) Les premiers règlements remontent aux environs de 1900. En effet, dès 1903, l'inspecteur général des Mines, M. Walckenaer au Conseil d'hygiène publique et de salubrité établit un rapport sur les dangers dus

aux ascenseurs et propose un projet de réglementation. Celui-ci a été adopté le 17 juillet 1903 par le Conseil d'hygiène et non par le préfet de police dont on ne pensait pas que cette question fût de son ressort.

M. Baignères, dans son ouvrage *Ascenseurs et monte-charge : dispositifs de sécurité* édité en 1926, nous dit qu'il parut sous la forme de « Principales recommandations relatives aux ascenseurs » et qu'il fut remis à un certain nombre de constructeurs d'ascenseurs et de propriétaires d'immeubles.

A la suite de nombreux accidents survenus à Paris de 1905 à 1919 - 94 accidents dont 37 cas mortels, soit une moyenne annuelle de 2,6 morts - la question fut reprise en 1920.

Il fut donné mission à M. Walckenaer de présenter un projet de règlement sur les ascenseurs. Ce rapport fait mention de la fréquence des accidents citée ci-dessus, malgré les recommandations du projet de 1903. Le projet, adopté par le préfet de police en novembre 1920, a été repoussé par le Conseil d'État.

Depuis cette date jusqu'à l'ordonnance de 1951, seuls des arrêtés préfectoraux pris au hasard d'incidents, la plupart du temps par des non-spécialistes, ont réglementé les ascenseurs, les monte-charge étant eux régis par l'article 11 du règlement d'administration publique du 10 juillet 1913, article sibyllin et rapidement dépassé par l'évolution des techniques.

Dans l'ordre chronologique, ce règlement de 1913 modifié par le décret de 1945 se trouve donc en tête de la législation actuelle.

2) Décret n° 45-800 du 23 avril 1945, modifiant, en ce qui concerne les ascenseurs et les monte-charge, le règlement d'administration publique du 10 juillet 1913 relatif aux mesures générales de protection et de salubrité applicables à tous les établissements assujettis aux prescriptions des articles 67, 68, 69 et 70 du livre II du Code du travail (modifié et complété par le décret n° 65-261 du 1er avril 1965, *J. O.* du 6 avril).

Le décret n° 45-800 a été complété par une circulaire ministérielle du 30 avril 1945 relative à son application.

Que comporte, en substance, le décret du 23 avril 1945 ? Une abrogation et un remplacement de l'article 11.

Une étude détaillée dudit décret serait trop longue et sortirait du cadre de cet ouvrage. Le nouvel article 11 expose en quelques lignes l'objet du texte :

« *Art.* 11. — Les appareils élévateurs (tels que les ascenseurs et les monte-charge) dont la cabine ou la plate-forme se déplace entre des glissières ou guides verticaux ou sensiblement verticaux, seront installés et aménagés de manière que les travailleurs ne soient pas exposés à tomber dans le vide, à être heurtés par un objet fixe ou non, ou, en cas de chute d'un objet, à être atteints par celui-ci. Les appareils comporteront tous les dispositifs répondant à ces exigences dans la limite des efforts auxquels ces dispositifs pourront normalement être soumis ».

Suivent dans les articles 11*a* et 11*j* un ensemble de recommandations qui ressortent des premiers textes de la norme NF P 82 201.

Toutefois, le législateur ne donne pas encore des précisions qui enfermeraient dans un cadre trop étroit les inspecteurs du Travail chargés de veiller à son application, et il s'en explique bien dans les 4e et 5e alinéas de la circulaire relative à l'application du décret.

Le lecteur pourra se reporter avec intérêt à cette circulaire et aux commentaires qui en font partie. C'est certainement l'un des textes les plus intéressants sur cette législation, et actuellement en révision.

Mais ce n'est encore qu'une réglementation officielle n'intéressant que les travailleurs. La norme NF P 82 201 n'a pas encore force de loi.

D'après l'arrêté du 23 mai 1946, le décret nº 45-800 du 23 avril 1945 est entré en application à partir du 1er janvier 1947.

3) Ordonnance interpréfectorale du 22 septembre 1951, modifiée le 16 décembre 1952.

Cette ordonnance concerne « la réglementation des mesures de protection, de contrôle et d'entretien des ascenseurs dans les immeubles de la ville de Paris et du département de la Seine.

Elle se substitue à l'ordonnance de 1920, à une période où l'on constate à nouveau, comme en 1920, la fréquence et la gravité des accidents d'ascenseurs ressortant des statistiques tenues par le Corps des sapeurs-pompiers de Paris : 57 accidents dont 19 mortels de 1945 à 1949 (*Bulletin municipal officiel* du 31 mars 1950). Moyenne annuelle de 3,8 morts pour cette période, soit 44 % de plus qu'en 1920. Mais l'on peut considérer qu'à cette époque le nombre des ascenseurs a plus que doublé. Il peut être alors de 25 000 appareils environ alors qu'il n'était que de 12 000 en 1920.

Après un exposé des motifs parfaitement raisonnables, dans son titre 1er, article 1, l'ordonnance prescrit enfin l'application de la NF P 82 201 pour la construction et l'installation des ascenseurs, mais elle en limite l'application au seul département de la Seine et à Paris.

Dans son titre II, elle expose les mesures de protection, contrôle et entretien des ascenseurs *en fonctionnement au moment de sa promulgation :*

— parachute pour les ascenseurs non supportés par un piston, c'est-à-dire suspendus par câbles (art. 3);

— portes palières de 1,70 m minimum de hauteur (art. 4.1º);

— dispositifs de protection de 1,70 m minimum de hauteur autour de la gaine (art. 4.2º);

— portes palières munies de serrures automatiques normalement inaccessibles (art. 5 et 6);

— serrures du type positif (art. 6 et 7);

— la serrure automatique et le contact électrique de condamnation doivent former un ensemble robuste et indéréglable tel que la bonne

disposition relative de leurs organes ne puisse être compromise par le gauchissement des portes palières ou par une tentative de forcement à la main. Le mot « ensemble » doit être pris ici dans un sens large. Il ne paraît pas en effet que le législateur ait voulu que serrure automatique et contact de porte (condamnation) forment un tout monobloc, sinon il l'eût précisé dans le texte de l'ordonnance. Il est suffisant que le pène de la serrure automatique et le contact de porte soient montés sur un support suffisamment rigide et à une distance telle que l'ensemble ainsi formé soit indéformable aussi bien lors d'un gauchissement de la porte que lors d'un effort volontaire;

— porte de cabine obligatoire sauf dans le cas où l'appareil a été transformé en ascenseur à paroi lisse suivant la NF P 82 201 (art. 9);

— serrure sur porte de cabine lorsque la cabine comportant plusieurs services, les ouvertures d'accès ne font pas face à une paroi lisse (art. 12);

— garde-pieds de seuil de 16 cm minimum (art. 13);

— garde-pieds sur seuils des portes palières si la porte de cabine permet le passage du pied (art. 14);

— 16 cm maximum entre portes de cabine et palière (art. 15);

— mécanisme d'arrêt rendant impossible le démarrage de l'appareil après l'arrêt (art. 16);

— abords des portes palières et cabine munies d'un éclairage suffisant (art. 17);

— pancarte au rez-de-chaussée en cas de suspension de service (art. 18);

— vérification fréquente de l'efficacité des serrures (art. 19);

— entretien obligatoire (art. 20);

— recommandations aux usagers (art. 21, 22 et 23).

C'est le principal de cette ordonnance qui, fort à propos, est venu inviter les propriétaires ou gérants d'immeubles à faire vérifier et modifier au besoin leurs appareils dont beaucoup n'étaient plus adaptés aux conditions de vie et de mentalité de notre époque et, par là même, présentaient un réel danger pour les usagers et les passagers.

Cette ordonnance a-t-elle conduit à une réduction des accidents?

Il semble qu'elle ait porté ses fruits car, de 1954 à 1963, les statistiques des pompiers enregistrent 22 accidents mortels, soit une moyenne annuelle de 2,2.

Une particularité de cette ordonnance est à retenir : le législateur a-t-il voulu être plus sévère pour les appareils anciens que pour les nouveaux? En effet, l'article 8 prévoit que la serrure automatique et le contact électrique de condamnation doivent former *un ensemble* robuste et indéréglable tel que la bonne disposition!.. Ainsi, ces deux organes doivent être réunis dans le même corps, alors que la NF P 82 201 n'en fait nul cas.

Il faut en retenir que, malgré des imperfections que l'on pourrait relever, cette ordonnance est le premier texte important appliqué aux ascenseurs modernes et anciens et ayant force légale.

4) **Décret n° 54-856 du 13 août 1954,** modifié par le décret n° 55-1216 du 13 septembre 1955 (*J. O.* des 2 septembre 1954 et 17 septembre 1955) relatif à la protection contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public, modifié par le décret n° 55-1216 du 13 septembre 1955 (*J. O.* du 17 septembre 1955).

5) **Arrêté du 23 mars 1965** (*J. O.* des 30 mars et 23 décembre 1965) portant approbation du règlement de sécurité, modifié par l'arrêté du 4 mars 1969 portant approbation des modifications au règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (*J. O.* du 27 mars 1969).

L'ensemble de ces arrêtés forme un livret de 400 pages publié par le *Journal officiel* (édition mise à jour le 1er mars 1966).

La partie principale intéressant les ascenseurs et monte-charge fait l'objet des articles Co 25, 26, 27, 28 du Titre II du règlement de sécurité.

Les dispositions particulières les concernant feront l'objet de l'étude du paragraphe « Ascenseurs et Incendie » du chapitre III, *Sécurité.*

6) **Le décret n° 55-1394 du 22 octobre 1955,** modifié (*J. O.* du 25 octobre) relatif aux « règles générales de construction des bâtiments d'habitation ». Aux termes du décret, ceux-ci sont les locaux qui servent d'habitation de jour et de nuit, à l'exclusion de ceux destinés à la vie en commun : hôtels, asiles, internats, hôpitaux, écoles, locaux professionnels hors des pièces réservées à la vie familiale.

L'article 14 stipule que « les bâtiments d'habitation (tels que définis ci-dessus) de plus de quatre étages au-dessus du rez-de-chaussée doivent être munis d'un ascenseur ou d'un appareil élévateur automatique analogue ».

L'application de ce décret est devenue effective depuis le 1er janvier 1959 par arrêté ministériel du 14 novembre 1958 (*J. O.* du 18 novembre).

7) **Décret n° 57-1161 du 17 octobre 1957** (*J. O.* du 20 octobre), et les arrêtés des 9 décembre 1957 (*J. O.* du 16 janvier 1958) et 5 janvier 1959 (*J. O.* du 8 janvier).

Cet ensemble de textes précise les conditions d'essais et la classification des éléments de construction par rapport au danger d'incendie dans les établissements recevant du public.

Ils concernent, dans le domaine des ascenseurs, plus les constructeurs que les maîtres d'œuvre.

Les constructeurs peuvent faire effectuer aux laboratoires du Centre scientifique et technique du Bâtiment (C.S.T.B.) à Champs-sur-Marne des essais sur divers matériels et en particulier les portes palières.

Ces essais permettent, d'une part, au constructeur de savoir si ces dernières répondent aux degrés de résistance au feu précisés dans l'article 2.121 de la norme NF P 82 201 (ce point sera précisé au chapitre III, *Sécurité*), d'autre part, au maître d'œuvre d'en avoir la certitude car un certificat

est délivré par les laboratoires, fixant le degré auquel le type de porte a satisfait.

Ces essais, réalisés avec des fours à brûleurs à mazout dans lesquels la température croît suivant une courbe normalisée répondant aux caractéristiques d'évolution normale d'un incendie, sont effectués avec une rigueur scientifique.

Les courbes des divers pays, Angleterre, Allemagne, France... sont pratiquement identiques. Cependant, il est à souligner que dans certains pays (l'Allemagne par exemple), les essais ne sont pas obligatoirement effectués par les constructeurs pour chaque type de porte. Des normes de fabrication ont été établies d'après des essais de base et il suffit que la porte réponde à ces normes pour qu'elle soit classée suivant le degré de référence sans qu'il soit nécessaire que son type, chez un constructeur quelconque, ne subisse de test.

D'après l'arrêté du 5 février 1959 (*J. O.* du 14 février) sont également agréés pour effectuer les essais de réaction au feu, en plus des laboratoires de C.S.T.B.

— le Laboratoire municipal de la préfecture de police;

— le Laboratoire national d'essais du Conservatoire des arts et métiers.

8) Circulaire ministérielle du 2 juin 1960 (*J. O.* du 3 juillet), modifiée à plusieurs reprises.

9) Décret n° 62-1454 du 14 novembre 1962 portant règlement d'administration publique pour l'exécution des dispositions du livre II du Code du Travail (hygiène et sécurité des travailleurs).

Les prescriptions de ce texte visent la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre le courant électrique.

Les ascenseurs et monte-charge y sont donc assujettis, non seulement en ce qui concerne les installations électriques en machinerie, mais également en gaine, sur les paliers et dans la cabine.

Ce décret concerne donc plus particulièrement les installateurs, mais il est bon que les maîtres d'œuvre en exigent l'application qui, actuellement encore, n'est pas intégralement observée.

10) Document technique unifié n° 75-1 d'août 1963 : Principes d'établissement du programme d'ascenseurs dans les bâtiments à usage d'habitation.

Les articles de ce texte seront précisés lors de l'étude de la détermination et de l'implantation (chapitres V et VI).

11) Ordonnance du 23 novembre 1963 concernant la modification des dispositions des articles 3 et 20 de l'ordonnance interpréfectorale du 22 septembre 1951 relative aux mesures générales de protection, de contrôle et d'entretien des ascenseurs à Paris et dans le département de la Seine.

Ce texte se rapporte aux ascenseurs hydrauliques et aérohydrauliques encore en service et qui, en raison de l'ancienneté de leur construction et du vieillissement de leurs organes, notamment du cylindre dans lequel se meut le piston qui les supporte, cylindre enfoui dans le sol et soumis à toutes

sortes de corrosions, présentent un certain danger pour les passagers et les usagers.

Ce texte a été publié à la suite des difficultés, voire des impossibilités d'adaptation sur nombre de ces appareils d'un parachute, ainsi qu'il était imposé dans l'article 3 de l'ordonnance du 22 septembre 1951 citée plus haut.

Il remplace donc dans son article premier le montage du parachute par l'obligation d'essais périodiques de mise en surpression des cylindres dans des conditions fixées dans les articles 2 et suivants de la même ordonnance.

12) Décret n° 67-1063 du 15 novembre 1967 (*J. O.* du 6 décembre) : « Règlement de sécurité pour la construction des immeubles de grande hauteur et leur protection contre les risques d'incendie et de panique ».

Ce texte récent revêt une importance capitale pour la structuration de ces édifices qui posent en France des problèmes nouveaux auxquels notre législation n'est pas adaptée et pour lesquels les législations étrangères des États-Unis ou du Canada ne pouvaient être appliquées sans de profonds remaniements.

Les articles qui concernent les ascenseurs seront examinés au chapitre III, *Sécurité.*

B. — Définition des termes

La norme NF P 82 201 dans les paragraphes 14 et suivants énumère les termes usuels employés pour les ascenseurs et monte-charge et en donne les définitions. Mais elle se borne à définir les termes qui, plus particulièrement, ressortent du but qu'elle se propose, c'est-à-dire ceux qui participent à l'énoncé des règles concernant la sécurité, et passe sous silence des définitions importantes.

1. — Termes définis par la NF P 82 201

ASCENSEUR ET MONTE-CHARGE.

Les ascenseurs et monte-charge font l'objet d'une même définition ressortant des articles 1-21, 1-22 et 1-3. Ce sont des appareils élévateurs comportant un organe mû électriquement, aménagés en vue du transport, à des niveaux de service définis, des personnes et des objets se déplaçant le long de guides verticaux ou faiblement inclinés sur la verticale. Les ascenseurs sont plus spécialement aménagés en vue du transport des personnes; les monte-charge sont plus spécialement aménagés en vue des transports des charges.

Suit, dans l'article 13, une classification divisant les appareils en 3 groupes :

Groupe I. — Appareils transportant habituellement ou occasionnellement des personnes.

Groupe II. — Appareils dont l'emploi est interdit pour le transport des personnes mais où celles-ci ont accès pour le chargement ou le déchargement des charges transportées.

Groupe III. — Appareils dont les dimensions ou la constitution s'opposent manifestement à l'accès des personnes. Entrent en particulier dans cette catégorie les appareils dont la cabine comporte un ou plusieurs compartiments fixes répondant chacun à l'une au moins des conditions suivantes :

— une des dimensions horizontales au plus égale à 0,30 m;
— hauteur libre ne dépassant pas 1,20 m.

D'une manière plus simple, le groupe I concerne les ascenseurs proprement dits et les ascenseurs de charge ou monte-charge accompagnés, le groupe II les monte-charge non accompagnés mais pénétrables, le groupe III les monte-charge non accompagnés et non pénétrables (monte-plats, monte-dossiers, etc...).

Adhérence (appareil a)

Se dit d'un ascenseur ou d'un monte-charge dont les câbles sont entraînés par adhérence sur la poulie motrice du treuil.

Si les câbles ne passent qu'une fois sur la poulie motrice, le treuil est dit à simple enroulement; s'ils passent deux fois sur cette poulie grâce à l'emploi d'une autre poulie appelée poulie secondaire, le treuil est dit à double enroulement.

Amortisseur

Matériel constituant butée compressible en fin de course et comportant un système de freinage par fluide, ressort ou matériau élastique.

Appareils du groupe I laissés a la libre disposition des usagers

Sont considérés comme laissés à la libre disposition des usagers, tous les appareils du groupe I ne répondant pas à l'une des conditions suivantes :

— appareils dont le fonctionnement est subordonné à celui d'une serrure à clé située ou non en cabine;

— appareils dont les utilisateurs ont reçu des consignes particulières d'emploi.

Butée

Dispositif s'opposant au déplacement de la cabine ou du contrepoids au-delà de la course normale majorée des réserves haut et bas.

Cabine

Organe de l'ascenseur destiné à recevoir les personnes à transporter. Ce terme désigne aussi par extension l'organe des monte-charge destiné au transport des charges (dans ce dernier cas, cet organe est souvent appelé « benne »).

Commande de l'ascenseur ou du monte-charge

Appareillage permettant, sous le contrôle des organes de sécurité, de provoquer le déplacement de la cabine dans le sens voulu, le couplage du moteur, son démarrage, la vitesse de régime et au moment voulu, éventuellement le ralentissement, puis l'arrêt de la cabine.

Condamnation électrique

Dispositif contenant un interrupteur à ouverture automatique destiné à arrêter la cabine et à rendre impossible sa mise en marche lorsque les conditions exigées ne sont pas remplies.

Condamnation électrique du type a arrachement

Condamnation électrique dont l'interrupteur est de construction telle que l'ouverture de l'organe contrôlé implique obligatoirement la séparation des plots de contact, au besoin par arrachement, même dans le cas où ils sont soudés accidentellement.

Contrepoids

Organe mobile de l'ascenseur ou du monte-charge circulant le long de guides verticaux ou faiblement inclinés sur la verticale et constitué par une masse pesante dont le poids contrebalance celui de la cabine et d'une partie de la charge.

Coulisseaux

Pièces fixées sur l'étrier de cabine ou de contrepoids afin d'en assurer la liaison avec les guides.

Cuvette

Partie de la gaine située en contrebas du niveau inférieur desservi par la cabine.

Étrier

Ossature métallique attelée aux organes de suspension et portant la cabine ou le contrepoids.

Fil-guide

Fil d'acier fortement tendu fixé à la partie supérieure et à la partie inférieure de la gaine et assurant le guidage du contrepoids sans support intermédiaire.

Gaine

Espace clos dans lequel se déplace, soit la cabine, soit le contrepoids,

soit l'un et l'autre. Les mots « puits » et « cage » ont été souvent utilisés dans le passé pour désigner la gaine.

Pour désigner les deux dimensions en plan d'une gaine, les termes suivants sont adoptés :

— largeur : dimension parallèle à la face du service;
— longueur : dimension perpendiculaire à cette face.

Dans le cas de deux services d'équerre, la longueur est la dimension la plus grande.

GARDE-PIEDS

Tablier constituant paroi verticale lisse à l'aplomb du bord d'un seuil de palier ou de cabine et au-dessous de celui-ci.

GUIDES

Profilés assurant le guidage de l'étrier de cabine ou de contrepoids

INTERRUPTEUR DE MOU DE CABLE, DE MOU DE CHAINE

Condamnation électrique fonctionnant lorsque le câble ou la chaîne (les câbles ou les chaînes) prend du mou.

ISONIVELAGE

Dispositif permettant, au besoin par corrections successives, la remise au niveau en cours des opérations de chargement et de déchargement.

ISONIVELAGE AUTOMATIQUE

Isonivelage effectué par la machinerie sans aucune intervention du personnel préposé à la manœuvre.

ISONIVELAGE COMMANDÉ

Isonivelage nécessitant l'intervention du personnel préposé à la manœuvre.

MACHINERIE

Ensemble des organes moteurs et de leur appareillage; par extension, local où se trouvent ces organes (salle des machines).

NIVELAGE AUTOMATIQUE

Dispositif spécial permettant, par une diminution préalable de la vitesse, d'obtenir automatiquement un arrêt plus précis de la cabine au niveau du palier.

Commentaire non homologué : On entend par « diminution préalable de la vitesse » le passage automatique d'une vitesse élevée à une vitesse basse sensiblement stable avant l'arrêt.

PARACHUTE

Organe mécanique fixé à l'étrier de la cabine ou du contrepoids et qui est destiné à bloquer automatiquement la cabine ou le contrepoids

sur ses guides en cas de survitesse en descente ou de rupture des organes de suspension.

Si la prise de parachute s'effectue sans freinage sur les guides, mais par arc-boutement direct des organes de prise sur les guides, non compensé par l'intervention d'un système élastique limitant la réaction sur l'organe suspendu (cabine ou contrepoids), le parachute est dit « à prise instantanée ».

Dans le cas contraire, il est dit « à prise amortie ».

PENDENTIF OU CABLE SOUPLE

Conducteurs électriques multiples câblés sous une gaine raccordant l'équipage mobile (cabine) avec les lignes électriques fixes.

PLAQUE DE BUTÉE

Pièce fixée à l'étrier de cabine ou au contrepoids et destinée à entrer en contact avec l'amortisseur ou la butée en vue d'arrêter la course.

PLATEAU

Cabine réduite à un plancher et un entourage formant garde-corps.

ORTE A FERMETURE AUTOMATIQUE PERMANENTE

Porte dont la fermeture complète est provoquée, sans fourniture nouvelle d'énergie, dès que le passager ou le conducteur cesse de maintenir la porte ouverte et quelle que soit la position à laquelle celle-ci est abandonnée.

PORTE A FONCTIONNEMENT MÉCANIQUE

Porte dont l'ouverture et la fermeture sont réalisées au moyen d'un mécanisme auxiliaire.

PORTE A FONCTIONNEMENT MÉCANIQUE A COMMANDE AUTOMATIQUE

Porte dont le mouvement est provoqué par action du dispositif de manœuvre normale sans intervention du conducteur ou du passager.

PORTE A FONCTIONNEMENT MÉCANIQUE A COMMANDE MANUELLE CONTROLÉE

Porte dont le mouvement est provoqué par une intervention du conducteur ou des passagers agissant sur une manette ou sur les boutons spéciaux, le conducteur ou les passagers conservant un contrôle permanent au moins sur le mouvement de fermeture.

PORTE AUTOMATIQUE

Porte dont l'ouverture et la fermeture sont commandées directement par le déplacement même de la cabine.

PORTE PALIÈRE

Porte de la gaine permettant, à chaque étage, l'accès à la cabine.

PORTE PALIÈRE RÉSISTANT AU FEU

Porte palière pleine s'opposant au passage des fumées et dont le degré de résistance au feu est précisé au paragraphe 2-121.

RÉSERVES

Distances disponibles en haut et en bas de course, utilisables pour le déplacement de la cabine ou du contrepoids au-delà des niveaux extrêmes.

SERRURE AUTOMATIQUE DE CABINE

Serrure montée sur une porte de cabine et dont l'effacement du pêne est commandé par une ou plusieurs cames placées aux paliers.

SERRURE AUTOMATIQUE DE PALIER

Serrure montée sur une porte palière et dont l'effacement du pêne est commandé par une came portée par la cabine.

SERRURE POSITIVE (à contrôle de pêne préalable)

Serrure automatique qui comporte un contact de condamnation électrique commandé par le verrouillage mécanique lui-même, celui-ci étant effectué préalablement à tout mouvement de la cabine.

SERRURE POST-POSITIVE (à contrôle de pêne différé)

Serrure automatique qui comporte un contact de condamnation électrique commandé par le verrouillage mécanique lui-même, celui-ci n'étant effectué qu'en dehors des zones de déverrouillage des portes palières.

SERVICE

Ensemble des opérations soit d'entrée et de sortie des personnes à transporter, soit de chargement et de déchargement du matériel; par extension, côté de la cabine ou de la gaine où se font ces opérations.

Une face de service de la gaine est un côté de la gaine devant lequel se déplace une entrée de cabine.

La cabine est dite à service simple lorsqu'elle ne comporte qu'une entrée; elle est dite à services opposés lorsqu'elle comporte deux entrées situées sur des faces opposées; elle est dite à services d'équerre lorsqu'elle comporte deux entrées situées dans des plans à 90 degrés.

SUSPENTE

Ensemble des organes de suspension (câbles, chaînes et accessoires) auxquels la cabine se trouve directement attachée.

TAMBOUR

Cylindre fileté sur lequel s'enroulent et sont fixés les câbles de cabine et, éventuellement, de contrepoids.

Treuil

Ensemble du mécanisme d'entraînement des câbles ou chaînes de suspension de l'ascenseur ou du monte-charge. Il se compose essentiellement :

— d'un moteur et de son accouplement;

— d'un système de freinage;

— d'un réducteur de vitesse actionnant soit une poulie motrice, soit un tambour, soit un pignon.

Tous ces organes peuvent être assemblés sur un bâti.

Verrouillage automatique

Dispositif empêchant la manœuvre d'un organe tant que d'autres organes ne remplissent pas des conditions déterminées.

2. — Termes non définis par la norme NF P 82 201

Appel

Ordre émanant d'un palier.

Batterie d'ascenseurs

Ensemble d'appareils de caractéristiques communes suivantes :

— même vitesse nominale,

— mêmes niveaux desservis,

— proximité des portes les unes des autres permettant l'utilisation des appareils en fonction de la signalisation propre à la manœuvre,

Duplex

Batterie de 2 appareils. On définirait de même les termes « triplex. quadruplex, quintuplex... » comme étant des batteries de 3, 4, 5 appareils.

Envoi

Ordre émanant d'une cabine.

Étage

Niveau situé au-dessus du hall d'entrée ou de départ.

Hall d'entrée ou de départ (définition du D T U)

Lieu auquel accèdent normalement les piétons venant de la voie publique.

Manœuvre

Ensemble de relais analysant les différents appels et envois et provoquant le déplacement des cabines suivant un programme pré-établi.

MANŒUVRE A BLOCAGE

Manœuvre permettant l'enregistrement d'un seul ordre et interdisant l'enregistrement de tout appel ou envoi pendant la commande satisfaisant le premier.

MANŒUVRE COLLECTIVE

Manœuvre permettant l'enregistrement de certains ordres d'appel ou d'envoi pendant une commande.

MANŒUVRE SÉLECTIVE

Manœuvre conjugant rationnellement l'action de deux appareils au moins disposés en batterie. Une manœuvre sélective peut être ou non collective.

NIVEAU

Terme générique désignant, sous-sol, R.C. ou hall d'entrée, étages.

PAROI LISSE OU CONTINUE

Partie intérieure de gaine devant laquelle se déplace une cabine ou une benne sans porte et répondant à des prescriptions réglementaires particulières.

PASSAGER

Toute personne transportée par un ascenseur (ou un monte-charge accompagné).

SOUS-SOL

Niveau situé au-dessous du hall d'entrée ou de départ.

USAGER

Toute personne susceptible d'être transportée. A l'intérieur d'une cabine ou d'une benne, l'usager devient passager.

CHAPITRE II

CONSTITUTION DES ASCENSEURS ET MONTE-CHARGE

I. — Notions générales

Les premiers ascenseurs et monte-charge étaient composés, en ce qui concerne le système de levage, d'un treuil à tambour sur lequel s'enroulait le ou les câbles de suspension de la cabine. Ce système fut rapidement abandonné car il présentait deux défauts fondamentaux :

— d'une part la difficulté de réaliser des tambours capables de permettre l'enroulement total des câbles de suspension pour les immeubles élevés;

— d'autre part l'inutile dépense d'énergie consistant à soulever la totalité de la charge suspendue, alors qu'il est possible d'en équilibrer une partie.

Aussi, bien que dans certaines installations, rares, à effectuer dans les immeubles existants et où nulle autre solution n'est applicable, cette disposition du treuil à tambour sans équilibrage soit encore adoptée, encore se limite-t-elle à des appareils de faible charge (trois ou quatre personnes). La norme NF P 82 201 envisage le cas et en tient compte pour édicter des dispositifs de sécurité spéciaux qui seront évoqués par la suite.

Un ascenseur ou un monte-charge modernes sont donc mécaniquement composés de trois constituants essentiels (fig. 5) :

— le treuil de levage et sa poulie;
— la cabine ou la benne;
— le contrepoids.

La cabine et le contrepoids sont réunis aux extrémités d'une nappe de câbles d'acier qui portent dans les gorges de la poulie du treuil (fig. 1). Soient :

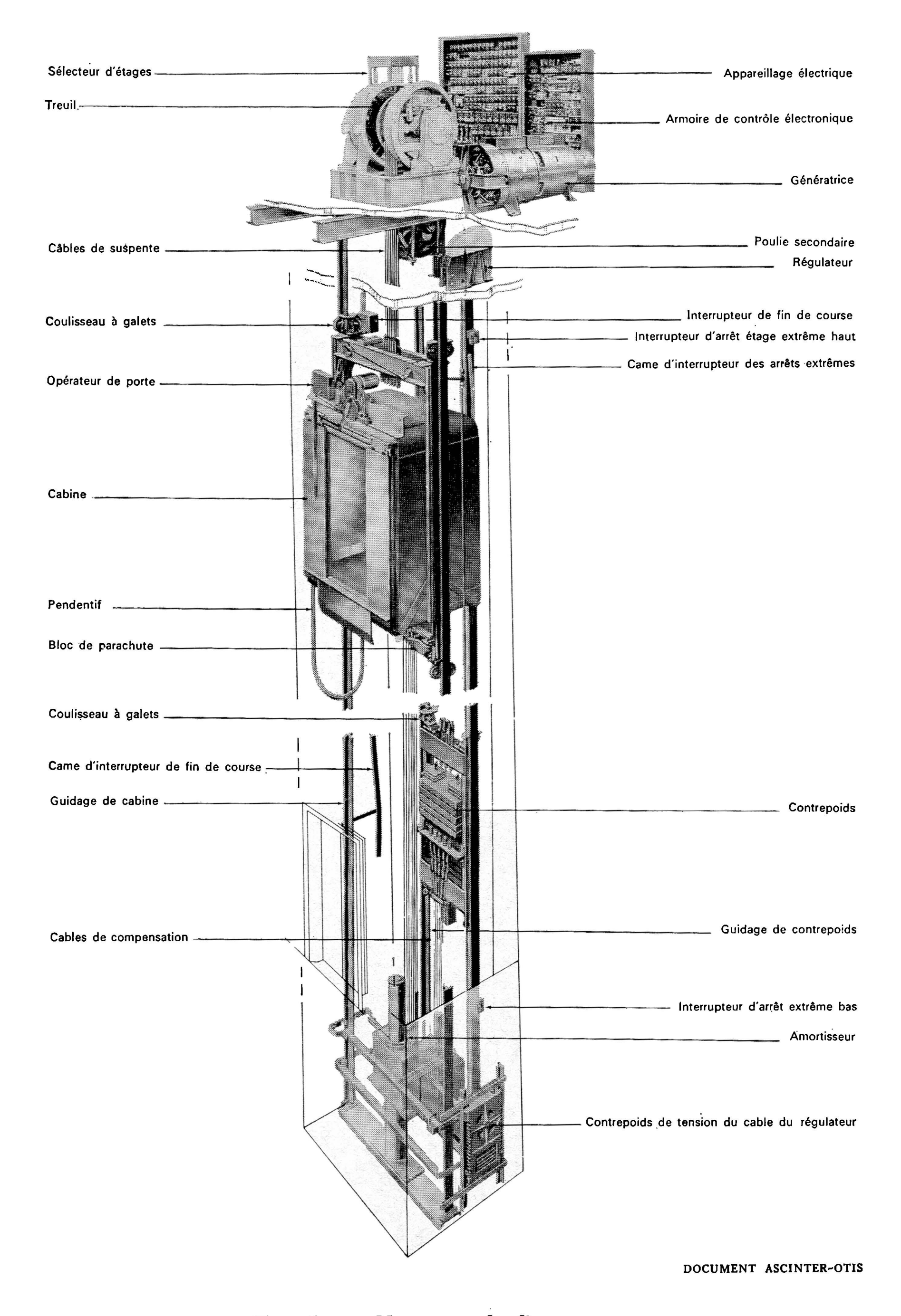
P_m le poids de la cabine vide, appelé poids mort;

C_u le poids de la charge utile;

C_p le poids du contrepoids.

Le poids du contrepoids est tel que :

$$C_p = P_m + \frac{C_u}{2} \tag{1}$$



DOCUMENT ASCINTER-OTIS

FIG. 5. — *Vue générale d'un ascenseur.*

Le contrepoids équilibre le poids mort + la 1/2 charge en cabine. On voit donc le gain important d'énergie par rapport au système à tambour

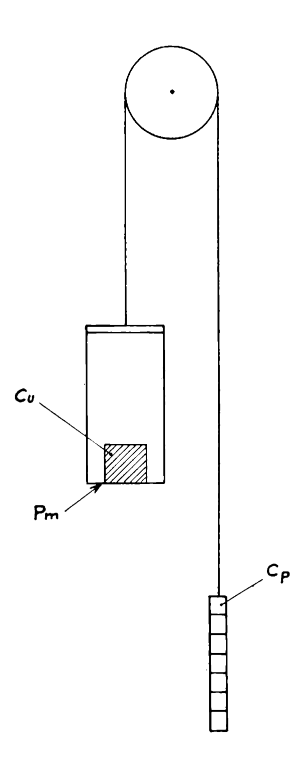


FIG. 6. — *Schéma d'appareil à adhérence.*

non équilibré (sans contrepoids) dans lequel le moteur doit soulever $P_m + C_u$, alors que dans le cas présent, il n'a à soulever que $\frac{C_u}{2}$.

Ainsi, le déséquilibre maximum égal à $\frac{C_u}{2}$ peut se porter :

— soit côté cabine lorsque celle-ci est à pleine charge;

— soit côté contrepoids lorsque la cabine est vide.

Lorsque la charge est égale à $\frac{C_u}{2}$, (demi-charge) l'égalité (1) traduit l'équilibre indifférent.

De sorte que le fonctionnement d'un ascenseur ou d'un monte-charge se situe entre quatre valeurs opposées deux à deux :

1) charge maxima (cabine à pleine charge) en montée;

2) charge minima (cabine à vide) en descente.

Dans ces deux cas, on dit que l'appareil fonctionne à couple positif maximum. Le moteur d'entraînement doit fournir un couple entraînant, le couple-résistant étant dû à la charge en cabine (cabine à pleine charge en montée) et au surplus de charge du contrepoids (cabine vide en descente).

3) charge maxima (cabine à pleine charge) en descente;

4) charge minima (cabine à vide) en montée.

On dit alors pour 3) et 4) que l'appareil fonctionne à couple négatif maximum. Le moteur d'entraînement doit fournir un couple résistant, le couple moteur étant dû à la charge en cabine (cabine à pleine charge en descente) et au surplus de charge du contrepoids (cabine vide en montée).

Entre les deux valeurs opposées positive et négative du couple, se situent les valeurs intermédiaires dues aux variations de charge de l'appareil.

Le rendement de l'installation, et plus particulièrement du treuil, intervient très sensiblement. Cette incidence du rendement sera examinée au chapitre IV.

Pour éviter un glissement du système du côté où la charge solliciterait par gravité, les gorges dans lesquelles passent les câbles de suspension sont taillées dans la masse suivant un profil spécial. Les câbles s'y encastrent en pression de sorte que lorsque la poulie tourne, le mouvement de l'ensemble, cabine, câbles, contrepoids s'effectue... On dit que l'entraînement a lieu par adhérence.

Le coefficient de frottement, grâce à la forme des gorges est tel qu'aucun glissement ne peut s'effectuer pendant le mouvement.

La cabine et le contrepoids circulent d'autre part entre des guides dont la constitution sera étudiée par la suite.

Les pièces d'un ascenseur ou d'un monte-charge ne se limitent pas à ces quelques organes. Toutes les parties constitutives peuvent se classer soit en éléments mécaniques et électriques, soit en éléments purement techniques et purement architecturaux, soit suivant leur destination et c'est, d'après l'intention de cet ouvrage, cette dernière qui sera adoptée.

Les diverses pièces de ces appareils se situent en effet en deux endroits nettement distincts et ayant chacun leur destination propre :

— la gaine où s'effectue le déplacement;
— la machinerie qui crée le déplacement.

Dans la gaine sont situés principalement :

— la cabine et ses accessoires;
— le contrepoids;
— les câbles de suspension et du régulateur;
— les guides de cabine et de contrepoids;
— les amortisseurs de cabine et de contrepoids;
— la came mobile ou lève-came;

— les portes;
— les organes d'arrêt (éventuellement suivant le constructeur);
— des accessoires.

On trouve en machinerie :
— le treuil, son moteur et les poulies de renvoi;
— le régulateur;
— les attaches de suspente;
— l'appareillage électrique;
— les organes d'arrêt (éventuellement s'ils ne sont pas en gaine).

II. — Constituants en gaine

A. — *Cabine ou benne - Constitution Dimensions*

Cabine d'ascenseur ou benne de monte-charge, leurs compositions sont identiques. Quatre parties principales les constituent qui, dans l'ordre de leur montage pendant l'installation, sont :
— l'arcade;
— le socle ou plateforme;
— les parois;
— le toit.

1. ARCADE OU ÉTRIER (fig. 2)

L'arcade est constituée par deux cadres en profilés d'acier ou en tôle pliée, réunis entre eux par des cornières de telle sorte que l'ensemble est symétrique par rapport à l'axe transversal des guides. Chaque cadre comporte à la partie inférieure et supérieure deux traverses horizontales *a* et *b* réunies par deux profilés verticaux *c* parallèles aux guides.

Les traverses horizontales qui, lors de la prise éventuelle de parachute, doivent supporter des contraintes mécaniques importantes, peuvent atteindre de grandes dimensions. Leur section varie évidemment avec la largeur de la cabine. Leur âme est de l'ordre de 160 mm pour un ascenseur de 1 000 kg de charge. Elle peut atteindre des hauteurs de 250 à 300 mm dans certains monte-charge ou monte-voitures. Les traverses se situent au-dessous et au-dessus de la cabine, le corps proprement dit de celle-ci étant monté dans l'arcade, de sorte qu'il est nécessaire d'en tenir compte lorsque l'on prévoit, comme il sera étudié au chapitre *Installation*, les réserves supérieure et inférieure.

Le parachute est fixé suivant les constructeurs soit sur les traverses inférieures, soit sur les traverses supérieures.

A la traverse supérieure sont attachés les câbles de suspension.

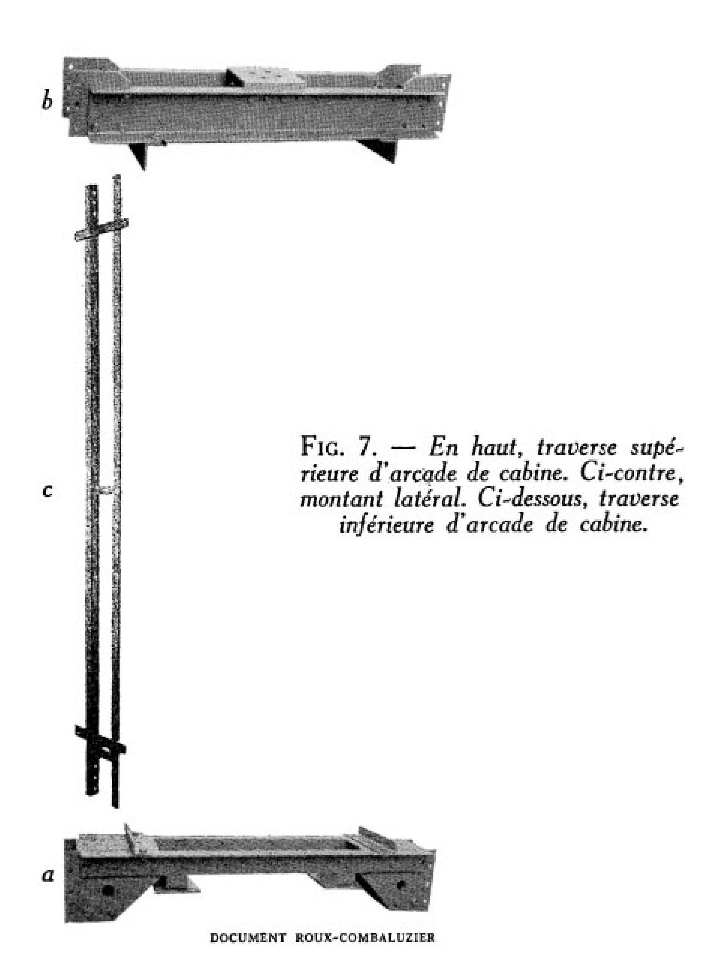


FIG. 7. — *En haut, traverse supérieure d'arcade de cabine. Ci-contre, montant latéral. Ci-dessous, traverse inférieure d'arcade de cabine.*

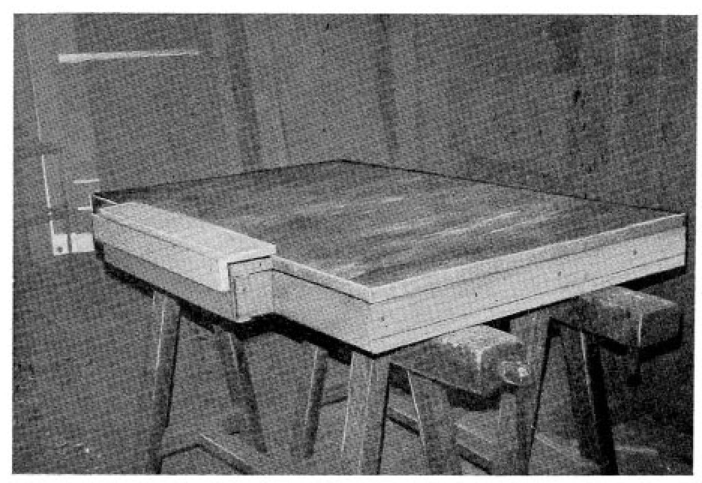
La traverse inférieure comporte en général une ou plusieurs plaques soudées, les butées des amortisseurs.

D'autres accessoires, tels les coulisseaux, la tringlerie de commande du parachute, sont également fixés sur l'arcade.

L'arcade est, lorsque la cabine est montée par pièces détachées, le premier élément de celle-ci mis en place par le service montage de l'installateur.

2. — **Socle ou plate-forme** (fig. 8)

Le socle de la cabine se monte directement sur les traverses inférieures de l'arcade auxquelles il est fixé par des vis. Il est formé également d'un cadre en profilés d'acier dont l'inertie dépend de ses dimensions. Et, comme pour les traverses inférieures de l'arcade, l'âme des profilés peut atteindre



DOCUMENT ROUX-COMBALUZIER

FIG. 8. — *Plancher de cabine.*

des dimensions dont il faut tenir compte dans le calcul de la profondeur de la cuvette. De quelques centimètres, sa hauteur peut aller jusqu'à 150 mm et plus pour les cabines ou bennes de grandes dimensions.

Sur le socle est disposé le plancher proprement dit de la cabine. Pour les ascenseurs, il est fait de latté ou de bois dur, pour les monte-charge il peut être en tôle d'acier striée ou en bois.

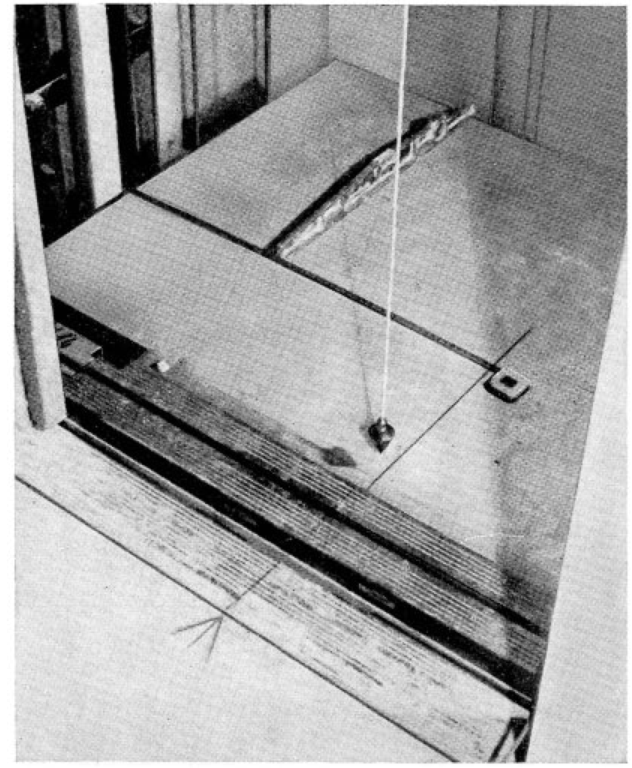
Le plancher est à son tour recouvert d'un revêtement de protection : linoléum, tapis-brosse, moquette, tapis-caoutchouc, etc. qui relèvent de l'esthétique et du standing de la cabine.

Ainsi, la surface de la butée des amortisseurs peut, par la somme des épaisseurs des divers éléments (plaque de butée, traverse inférieure, socle, plancher et enfin revêtement protecteur), se trouver lorsque ces derniers sont fixés sur les traverses, à une distance qui peut varier de 100 à 300 ou 400 mm de la surface supérieure du plancher de la cabine.

C'est de cette somme dont le constructeur tient compte en général, à côté d'autres éléments dont il sera parlé ultérieurement avec les amortisseurs et la cuvette, pour la détermination de la profondeur de cette dernière.

Lorsque les bennes sont de grandes dimensions en longueur, les quatre

extrémités du socle sont réunies à la partie supérieure de l'arcade par des tirants afin de lui conférer une plus grande rigidité.



DOCUMENT WESTINGHOUSE

FIG. 9. — *Centrage de la cabine en cours de montage. On voit le soin que prend le constructeur pour obtenir le résultat indispensable à la marche correcte de l'appareil.*

Au socle sont fixées les parois de la cabine.

Le plancher proprement dit est mis en place en fin de montage (fig. 9).

3. — **Parois** (fig. 10)

Les parois sont le plus souvent en tôle pliée, en profilés de dural, en acier inoxydable ou en bois.

La tôle est en général de toute première qualité et d'épaisseur 15/10 ou 20/10. La largeur des panneaux est variable suivant les constructeurs. Elle est de l'ordre de 30 à 40 cm. Les panneaux comportent des plis de

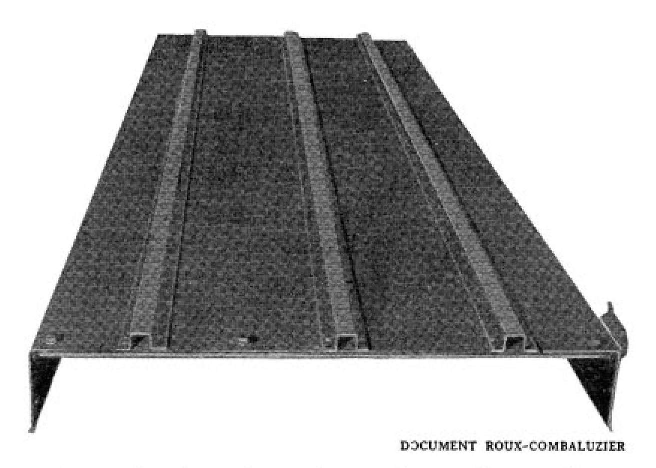
25 à 30 mm effectués à la presse sur leur longueur pour obtenir une bonne rigidité. Ils sont juxtaposés sur le pourtour du socle auquel ils sont fixés soit par vis, soit par enchâssement. Ils sont souvent reliés entre eux par des tringles placées après la pose du toit de la cabine et réunissant les trois parties : toit, panneaux, socle, ou par agrafes extérieures. Les parois sont ainsi démontables, après enlèvement du toit.

Les parois tôlées peuvent recevoir de multiples revêtements esthétiques : peinture cellulosique, glycérophtalique, plastiques, bois collé.

Les parois tôlées avec peinture séchée au four à 200° environ d'aspect émaillé semblable aux carrosseries d'autos sont les plus courantes. Robustes, assez facilement réparables, elles sont d'un prix de revient modeste. Elles se font martelées ou uniformes.

Parfois, les cahiers des charges font mention de peintures cuites au four. Pour une peinture dite « cuite au four », la cuisson s'effectue à 800°. Les peintures sont d'une autre qualité. Elles sont également robustes, mais pratiquement irréparables. Leur prix de revient est élevé car la plupart des constructeurs ne sont pas équipés pour leur réalisation et doivent en général sous-traiter cette opération avec les inconvénients qui en découlent : emballages, transports, contrôles, etc.

Les parois tôlées recouvertes de revêtements plastiques souples sont particulièrement esthétiques, mais leur fragilité doit les faire utiliser avec beaucoup de circonspection et de préférence dans les immeubles où elles ne risquent pas d'être rapidement détériorées. Elles ne sont pas trop difficilement réparables, mais la réparation demeure visible.



DOCUMENT ROUX-COMBALUZIER

FIG. 10. — *Paroi de cabine, les raidisseurs font saillie vers l'extérieur.*

Les parois en tôle d'acier inoxydable ou en profilés de duralumin anodisé sont appréciées dans les administrations, buildings d'affaires, grands

magasins. Leur prix de revient est élevé car, d'une part, elles ne peuvent se fabriquer en série, d'autre part, le matériau de base est plus onéreux. Si dans leur masse elles ne sont pas fragiles, leur surface est vulnérable et leur réparation ne peut s'effectuer sur place. Il est nécessaire de démonter en partie la cabine, ce qui provoque une immobilisation de l'appareil pendant plusieurs jours.

Les parois peuvent être constituées par des panneaux de latté, recouverts de bois précieux de placage ou de stratifiés plastiques. En général, si les panneaux sont en bois, le socle est également en bois. Leur montage s'effectue par vis sur le socle avec assemblages par feuillures, tenons et mortaises.

Que les parois soient en tôle pliée ou en bois, des filets enjoliveurs peuvent souvent être montés entre les panneaux.

Dans certains ascenseurs spéciaux, comme les monte-malades, deux ou trois bandes de protection en acier inoxydable destinées à les protéger contre les chocs des chariots sont disposées sur les parois à hauteurs convenables.

Enfin, des plinthes peuvent être prévues pour la protection des parois contre les chocs des chaussures des passagers.

Après assemblage des parois et de l'encadrement de l'accès de la cabine, de préférence de même constitution que l'intérieur de celle-ci, le toit est mis en place.

4. — Toit

Le toit est le plus souvent assemblé en atelier et monté d'un seul bloc à l'exception des très grands monte-charge pour lesquels sont montage s'effectue en plusieurs éléments.

Les toits sont très différents suivant les constructeurs quant à leur forme, mais leur construction ressort de mêmes procédés : tôles pliées ou cintrées formant cadre, assemblées par soudure électrique.

Le toit est ainsi plus léger que le socle, mais sa robustesse doit néanmoins être telle qu'elle puisse supporter le personnel chargé de l'entretien.

Pour éviter les déformations dues aux nécessités du travail de ce dernier, il est souvent recouvert d'un caillebotis en bois.

5. — Dimensions des cabines

A) SURFACE

Les dimensions d'une cabine d'ascenseur ou d'une benne de monte-charge, faisant partie du groupe I (c'est-à-dire lorsqu'ils sont accompagnés en ce qui concerne les monte-charge) sont imposées par l'article 2-11 de la NF P 82 201, par rapport à la charge, lorsque ces appareils sont laissés

à la libre disposition des usagers. Cette obligation est rendue nécessaire pour éviter que le nombre de passagers soit supérieur à celui correspondant à la charge nominale.

La surface qu'il faut considérer ne comprend pas le seuil de cabine, celui-ci étant l'avancée située entre les deux montants de l'accès. C'est le produit A × B (fig. 11).

Les portes de cabine battantes et ouvrant vers l'intérieur, n'étant plus utilisées, ce cas, envisagé par la norme, ne présente pas d'intérêt.

Lorsque la cabine est munie d'une porte, il s'agit actuellement de portes

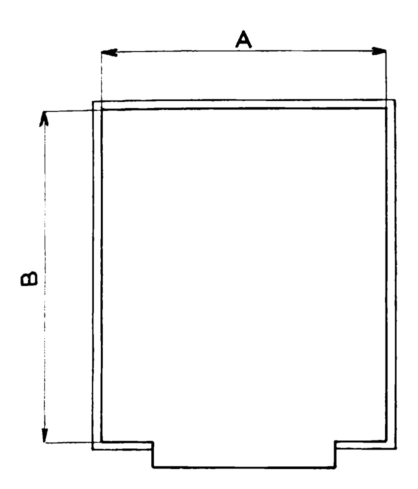


FIG. 11. — *Schéma de cabine sans porte pour le calcul de la surface.*

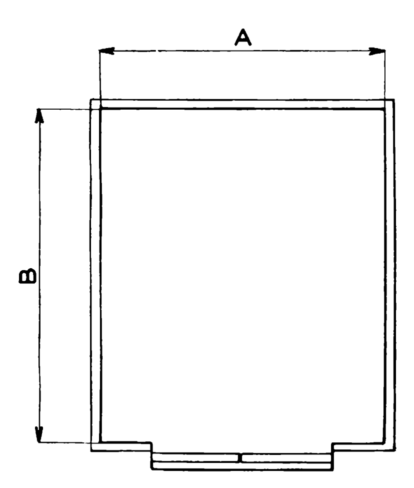


FIG. 12. — *Schéma de cabine avec porte pour le calcul de la surface.*

coulissantes à ouverture centrale ou latérale. La surface est toujours le produit A × B (fig. 12).

La NF P 82 201 divise, pour le calcul de la surface, les appareils accompagnés en deux parties :

a) Ceux dont la charge nominale utile est égale ou inférieure à 700 kg. La surface maximale est alors donnée par :

$$S_1 = \frac{C + 50}{375} \quad (2)$$

où :

S_1 : est la surface en m²;

C : la charge nominale en kg.

b) Ceux dont la charge nominale est supérieure à 700 kg :

$$S_2 = \frac{C + 600}{650}$$

Le poids moyen d'une personne étant en France pris égal à 75 kg, l'application des formules ci-dessus donnent le tableau suivant (avec l'exception

de 1 personne correspondant à une charge de 100 kg et 0,40 m^2) de 1 à 20 personnes.

Nombre de personnes	*Charge nominale utile*	*Surface en m^2*
1	100	0,4
2	150	0,53
3	225	0,73
4	300	0,93
5	375	1,13
6	450	1,33
7	525	1,53
8	600	1,73
9	675	1,93
10	750	2,07
11	825	2,20
12	900	2,30
13	975	2,42
14	1 050	2,53
15	1 125	2,65
16	1 200	2,76
17	1 275	2,88
18	1 350	3,00
19	1 425	3,11
20	1 500	3,23

D'autre part, ascenseurs et monte-charge doivent pouvoir fonctionner correctement avec une surcharge éventuelle de 5 %, le minimum de cette surcharge étant de 25 kg pour les appareils de 100, 150 et 225 kg.

En ce qui concerne les autres appareils du groupe I (c'est-à-dire les ascenseurs et monte-charge accompagnés qui, contrairement à ce qui précède, ne sont pas laissés à la libre disposition des usagers) et les appareils du groupe II (monte-charge non accompagnés), la relation entre surface et charge peut ne pas être appliquée : un ascenseur de 300 kg peut avoir, par exemple, une surface supérieure à 0,93 m^2 mais avec une restriction extrêmement importante; le « gardien de la chose » doit assurer, sous sa propre responsabilité, la limitation du nombre de passagers ou du poids de la charge admis et prendre toutes dispositions utiles.

Lorsque cette nécessité se présente, tels sont les cas des monte-malades des monte-meubles, des monte-décors, etc. pour lesquels la densité de la charge est faible : un dispositif de surcharge doit être prévu et demandé au constructeur. Ce dispositif, constitué par un système à leviers et ressorts placés soit sur le plancher de benne si celui-ci est articulé ou sur le dispositif de suspension de la benne aux câbles, doit, en même temps qu'il interdit le départ en cas de dépassement de la charge, actionner une signalisation acoustique et visuelle.

Ce dispositif n'est pas rendu obligatoire par la NF P 82 201 et c'est une lacune importante qui sera certainement comblée lors d'une prochaine rédaction.

Enfin, une disposition spéciale est prévue pour les immeubles à usage d'habitation de plus de sept niveaux au-dessus du hall de départ par le D.T.U. n° 75-1. La cabine ou une cabine au moins s'il en existe plusieurs doit avoir des dimensions suffisantes pour permettre le déménagement des meubles encombrants (sommiers par exemple); la descente des cercueils en position horizontale et le transport de malades couchés sur un brancard normalisé.

Cet ascenseur doit avoir une charge minimale de 525 kg, donc une

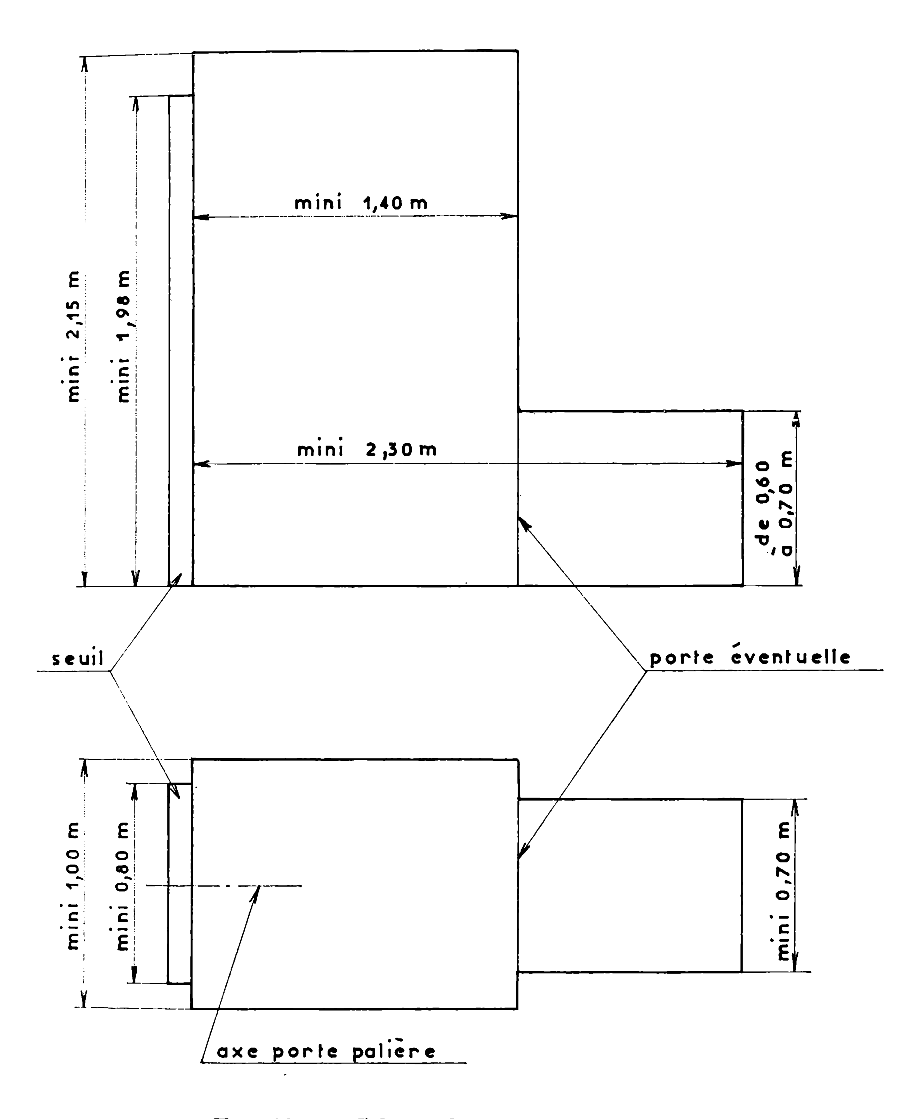


FIG. 13. — *Schéma de cabine avec extension.*

surface de 1,53 m², la largeur, la profondeur et la hauteur étant au minimum respectivement de 1,00 m, 1,40 m et 2,15 m. Cette cabine doit être munie d'une extension portant sa profondeur à 2,30 m minimum, extension de 0,60 à 0,70 m de hauteur ou, si elle est réalisé sur toute la hauteur de la cabine, séparée de l'autre partie par une porte munie d'un dispositif de condamnation (fig. 13).

B) HAUTEUR

Bien que la norme NF P 82 201 ne réglemente pas précisément la hauteur intérieure, le minimum de cette dernière est imposée par référence aux dimensions des portes.

Une cabine devrait donc avoir un minimum de 1,98 m, sauf impossibilité matérielle et à la condition de prévoir un dispositif protégeant la tête contre les chocs éventuels contre son fronton si la hauteur est inférieure à 1,90 m.

Les constructeurs donnent habituellement une hauteur de 2,10 m à 2,20 m à l'intérieur des cabines d'ascenseurs et de 2,20 m à 2,30 m aux bennes des monte-charge, suivant leur construction propre.

6. — Accessoires

La cabine comporte, en outre, un certain nombre d'accessoires dont l'existence, bien que moins spectaculaire, n'en comporte pas moins une importance capitale pour le confort des usagers. Ce sont :

A) LES COULISSEAUX

Ceux-ci, généralement au nombre de quatre, sont fixés, deux à la partie supérieure, deux à la partie inférieure de l'arcade. Ils assurent le positionnement vertical de la cabine pendant son déplacement en glissant ou roulant suivant leur type le long des guidages. Ils agissent particulièrement lorsque la charge en cabine étant excentrée, le centre de gravité de celle-ci ne se trouve plus sur la verticale passant par les câbles et est soumise de ce fait à un couple qui tend à la faire basculer soit longitudinalement (charge excentrée en avant ou en arrière du plan des guides), soit latéralement (charge excentrée vers les côtés) (fig. 14).

Leur influence pendant la marche est donc importante car de leur nature, de leur réalisation et de leur montage dépend en grande part la douceur de fonctionnement d'un appareil.

Ils sont de deux types :

— les coulisseaux à garnitures;

— les coulisseaux à galets.

Les coulisseaux à garnitures sont constitués par une pièce de section en forme de U, de 10 à 15 cm de hauteur, dans laquelle sont montées trois

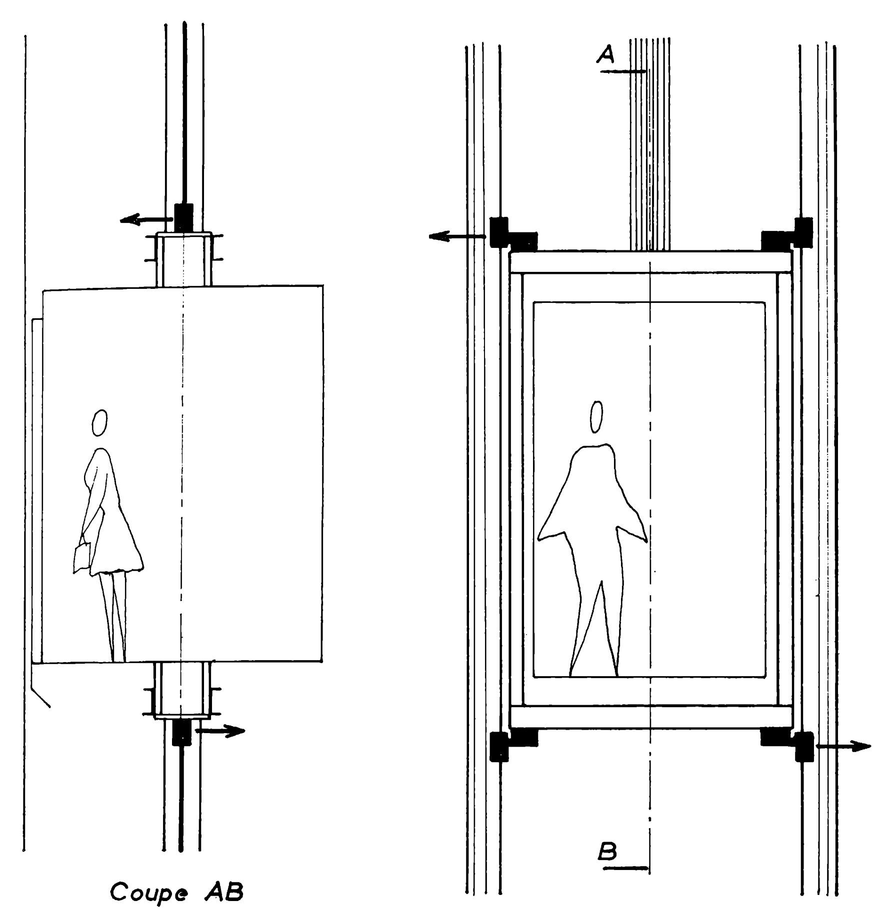


Fig. 14. *a*). — *Couple provoqué par la charge excentrée longitudinalement*

Fig. 14 *b*). — *Couple provoqué par la charge excentrée latéralement.*

garnitures : deux latérales, une en fond de U. Les trois pièces embrassent le profil du guidage avec un jeu de l'ordre du millimètre (fig. 15). Ces quatre pièces sont montées sur un support fixé lui-même sur l'arcade. La partie en contact avec les guidages bien que solidaire de son support est articulée; elle peut pivoter autour d'un axe horizontal et, dans certains cas (coulisseaux dits à pompe), permet un jeu latéral de la cabine.

Les garnitures sont faites soit de ferodo, soit de métal antifriction et, plus récemment, de nylon. Les garnitures en fonte sont encore parfois utilisées dans les gros monte-charge.

Les **coulisseaux à galets** (fig. 16) sont constitués par un montage de

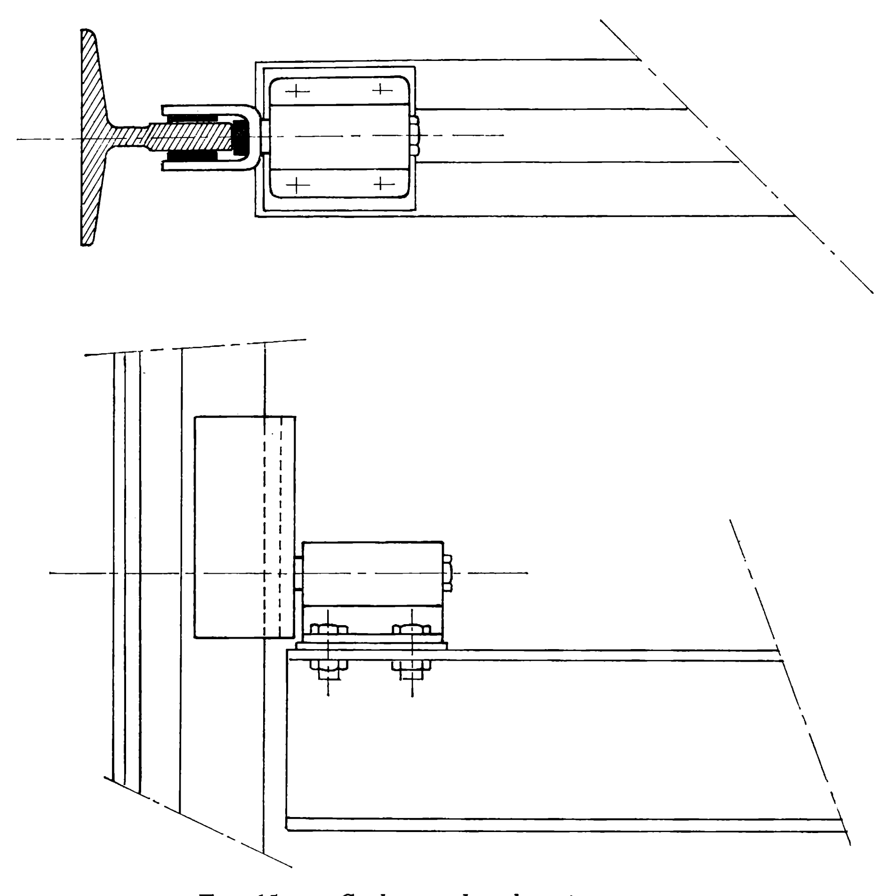


FIG. 15. — *Coulisseau de cabine à garnitures.*

trois galets ou plus garnis de bandages de caoutchouc et roulant sur les trois surfaces de guide à la place des garnitures précédentes. Ils sont utilisés pour les appareils à grande vitesse (supérieure à 2,50 m/s en général) où les coulisseaux à garnitures, non contents de subir une usure rapide, sont l'origine de vibrations qui diminuent le confort.

B) LES ISOLATEURS

Le coulissement des coulisseaux le long des guides, la rotation du couple du treuil peuvent être le siège de vibrations qui, amplifiées par les systèmes élastiques de suspension, peuvent devenir désagréables pendant la marche. Les constructeurs, soucieux du confort des utilisateurs, disposent entre la cabine elle-même et l'arcade des tampons de caoutchouc destinés à absorber ces vibrations. Le confort est nettement amélioré et la différence est nette entre la cabine isolée et une non isolée.

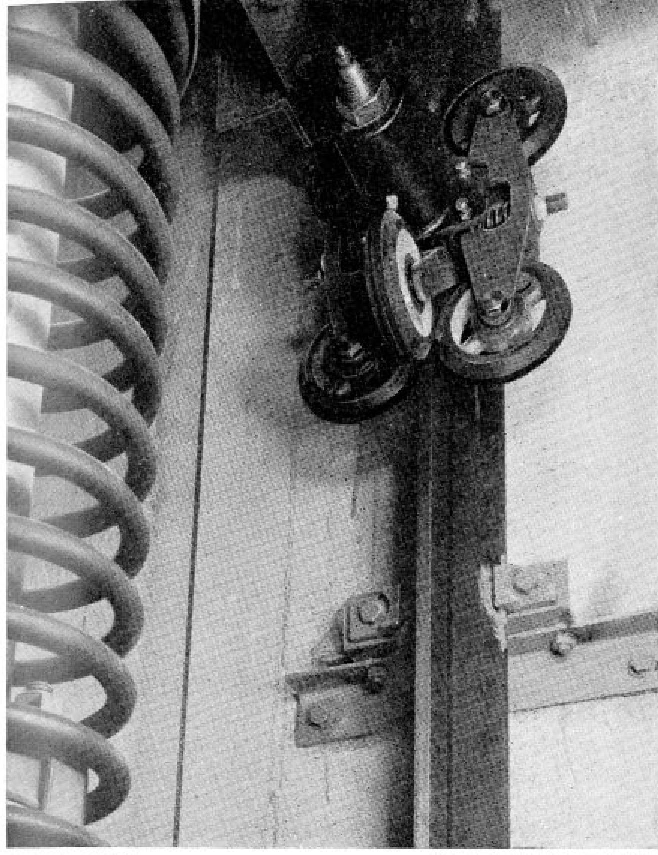


PHOTO P. BAUDIN DOCUMENT ROUX-COMBALUZIER

FIG. 15. — *Coulisseau de cabine à galets.*

C) AUTRES ACCESSOIRES

D'autres pièces prennent place sur la cabine, ce sont : le parachute, le lève-came, la boîte à boutons, les portes, la boîte à boutons « montée, descente » servant à l'entretien de l'appareil, la trappe et l'échelle éventuelle, mais ces éléments ont une destination propre qui les situera dans cette étude à la place qui leur convient.

Le parachute, le lève-came, la porte de cabine, la trappe et l'échelle seront examinés au chapitre *Sécurité*, la boîte à boutons, la boîte d'entretien au chapitre *Manœuvres*.

7. — Éclairage normal et de sécurité

La norme NF P 82 201 précise que les cabines ou bennes des appareils des groupes I et II, c'est-à-dire des ascenseurs et des monte-charge accompa-

gnés ou non, doivent être éclairées le jour et la nuit lorsque l'appareil est en service; cet éclairage doit être en rapport avec celui des abords et n'être en aucun cas inférieur à 10 lux (valeur déjà faible et ne permettant pas en particulier à une personne non douée d'une vue excellente de lire les petits caractères des instructions apposées par le fabricant). Cet éclairage ne doit pas normalement être interrompu par un passager, ce qui exclut l'interrupteur en cabine à moins qu'il ne soit commandé par un bouton à clé.

Si l'éclairage est commandé automatiquement, il doit être réalisé dès le début de l'ouverture de la porte palière avant qu'un usager ait pu pénétrer dans la cabine, afin que le franchissement de l'espace entre le palier et cabine puisse se faire dans les meilleures conditions de visibilité.

L'éclairage peut être incandescent ou fluorescent.

Avec l'emploi de lampes à incandescence, l'éclairage automatique est possible. Par contre, il ne l'est pas avec les lampes à fluorescence. En effet, ces dernières ont une durée de vie qui dépend très largement du nombre d'allumages auxquelles elles sont soumises. Elles sont rapidement détériorées par pulvérisation cathodique par rapport aux lampes à incandescence et ne durent que quelques centaines d'allumages. Ceci est insuffisant pour l'utilisation dans les ascenseurs.

Par contre, l'éclairage fluorescent est préférable si l'on envisage de le laisser en permanence et dans les ascenseurs à grand trafic; il est d'autre part plus économique.

Lorsque l'immeuble dans lequel est installé un ascenseur dispose d'un circuit d'éclairage de sécurité, tout ou partie de l'éclairage de cabine doit être raccordé à ce circuit (NF P 82 201 art. 2-914-2). Le maître d'œuvre est donc tenu de signaler ce point particulier à l'installateur, quitte à ce dernier à se mettre en rapport avec l'électricien pour obtenir les renseignements nécessaires à la détermination de son matériel et à la conception du schéma. Le branchement de l'ascenseur sur l'éclairage de sécurité peut, dans certains cas, avoir une incidence sensible sur le prix de l'appareil.

B. — Contrepoids - Constitution - Dimensions

Comme pour la cabine, la constitution générale d'un contrepoids (fig. 17) est la même, qu'il s'agisse d'un ascenseur ou d'un monte-charge accompagné ou non.

Il comprend également :

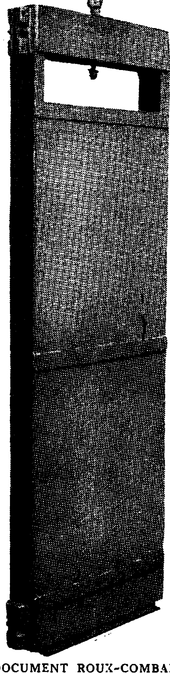
— une arcade ou étrier,

— des masses de fonte appelées gueuses du contrepoids.

1. — Arcade

L'arcade est aussi un cadre en profilés d'acier comportant une ou deux

traverses supérieures auxquelles sont fixés les câbles de suspension et une ou deux traverses inférieures. Les traverses supérieures et inférieures sont



DOCUMENT ROUX-COMBALUZIER

FIG. 17
Contrepoids d'ascenseur.

réunies par deux autres profilés verticaux sur lesquels sont fixés les coulisseaux du contrepoids.

Les deux montants sont souvent constitués par des U.P.N. dans les ailes desquels viennent se loger les gueuses.

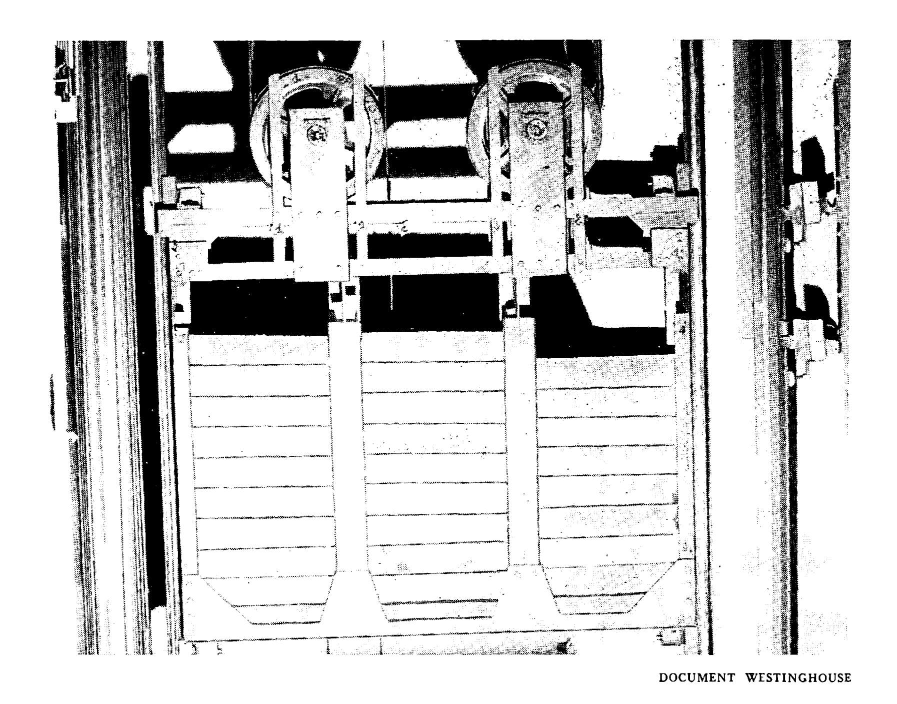
2. — Gueuses de contrepoids

Les gueuses de contrepoids sont des masses de fonte dont le poids peut varier de 25 à 120 kg. Elles sont empilées sur les traverses inférieures de l'arcade et entre les ailes des montants.

Leur masse et celle de l'arcade doivent équilibrer le poids mort de la cabine et celui de la demi-charge.

Pour fixer les idées, le contrepoids d'un ascenseur de quatre personnes peut avoir une masse de 450 à 500 kg, celui d'un monte-voitures par exemple peut atteindre 6 à 7 t (fig. 18.)

Les gros contrepoids sont alors constitués par une sorte d'ensemble d'arcades réunies entre elles côte à côte.



DOCUMENT WESTINGHOUSE

FIG. 18. — *Contrepoids de gros monte-charge avec poulies de mouflage.*

3. — Dimensions

Les dimensions d'un contrepoids ne sont pas réglementées.

La longueur et la largeur dépendent des gueuses elles-mêmes. Celles-ci sont différentes suivant les constructeurs, mais varient néanmoins assez peu suivant l'appareil considéré.

Leur largeur se situe entre 6 et 24 cm, souvent en trois dimensions, 6 à 8, 12 à 16 et 24. La hauteur de la gueuse est de 5 ou 6 cm.

La longueur peut aller de 50 cm à 1 m.

Ces valeurs ne sont pas dépassées pour permettre la manutention lors du montage, car les gueuses sont placées à la main, une à une dans l'arcade.

La hauteur du contrepoids dépend aussi du type d'installation. Elle peut atteindre 3 m à 3,50 m et intervient par là dans le calcul des réserves supérieure et inférieure de la gaine ainsi qu'il sera exposé au chapitre *Installation.*

4. — Accessoires

Le contrepoids comporte seulement comme accessoires les coulisseaux. Ceux-ci sont analogues à ceux de la cabine, mais de construction beaucoup

plus simple, en particulier lorsque le contrepoids est guidé par fils. Lorsque les guides du contrepoids sont rigides, les coulisseaux comportent des garnitures. Mais leurs dimensions sont plus réduites car le contrepoids n'a pas, comme la cabine, à subir des forces d'excentrement. Il est toujours dans une position pratiquement idéale.

Le parachute de contrepoids est prévu dans des cas bien définis qui seront étudiés au chapitre *Sécurité.*

C. — Câbles

1. — Composition — Réglementation — Calcul

Les câbles assurent la liaison entre la cabine et le contrepoids. Leurs règles d'emploi et de remplacement sont fixées par une norme particulière NF P 82 202 homologuée le 31 décembre 1958 (*J. O.* du 6 février 1959) et qui a pour titre « Ascenseurs et monte-charge suspente ».

Les câbles modernes sont constitués par des fils d'acier extra souples d'une résistance à la rupture comprise entre 140 et 160 kg/mm². Les fils d'acier sont eux-mêmes assemblés en torons hélicoïdaux sur une âme centrale en textile imprégnée de graisse spéciale de sorte que lors de leur service, les câbles sont auto-graisseurs. Les torons sont composés suivant les fabricants de fils de même diamètre ou de diamètres différents.

Les torons sont eux-mêmes câblés soit en câblage dit croisé pour lequel les torsions des fils du toron et des torons eux-mêmes sont inversés, soit en câblage droit pour lequel les torsions des fils et des torons sont effectuées dans le même sens mais où la composition du câble est telle que le pas de toronnage étant le même pour les fils des torons (fils de sections différentes) et les torons, le glissement relatif des fils immédiatement en contact est pratiquement nul.

Les câbles comportent en général six ou huit torons et au moins dix-neuf fils par toron.

La norme NF P 82 202 permet de vérifier par son abaque I (fig. 19) le coefficient de sécurité et influe ainsi sur la détermination du nombre et de la section des câbles, mais c'est la norme NF P 82 201 qui, dans son article 2.232.1, impose le nombre minimum de deux câbles pour les ascenseurs et les monte-charge du groupe II.

Tout d'abord, le point essentiel de la détermination des câbles est donné par l'article 2-12 de la NF P 82 202. Le rapport $\frac{D}{d}$ du plus petit diamètre primitif D de la poulie utilisée sur une installation au diamètre d du câble doit être supérieur ou égal à 40. Le diamètre d doit être pris, dans sa totalité s'il s'agit d'un câble à six torons et peut être ramené à 0,825 fois sa valeur pour les câbles à huit torons.

Ensuite, intervient le coefficient de sécurité défini par le quotient de la charge de rupture nominale de la nappe des câbles par la charge statique

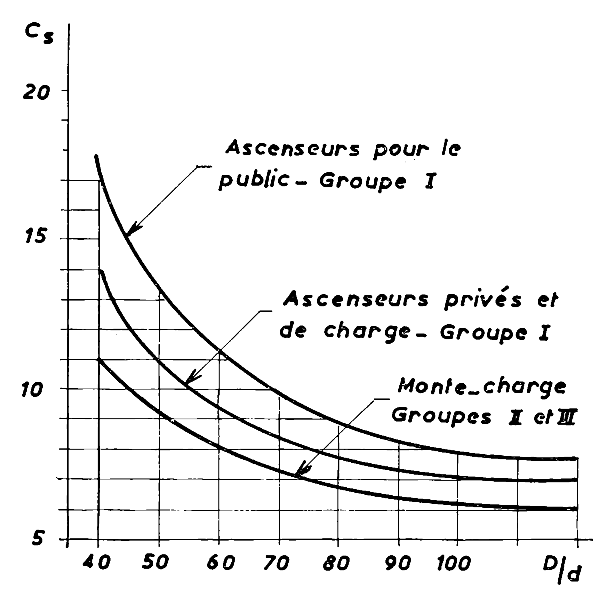


FIG. 19. — *Abaque de détermination des suspentes.*

maximum portée par la nappe en service normal. La valeur ainsi obtenue doit être supérieure ou égale à la valeur C_s de l'abaque I.

Cet abaque donne dans trois cas différents les valeurs de C_s en fonction du rapport $\frac{D}{d}$:

a) ascenseurs pour le public (groupe I);

b) ascenseurs privés et de charge (groupe I);

c) monte-charge des groupes II et III.

On voit sur ces trois courbes que le coefficient de sécurité minimum serait 6 pour une valeur de $\frac{D}{d}$ égale à 120. Mais ce rapport ne se présente pratiquement pas. Le diamètre maximum des poulies actuellement utilisées est de 800 mm et le diamètre des câbles lorsque cette dimension se présente est de l'ordre de 11. Le rapport $\frac{D}{d}$ est alors égal à 72,7 et C_s égale 7. Ainsi, la norme n'imposant qu'un minimum de deux câbles, la rupture de l'un ramènerait le coefficient à 3,5.

C'est donc une lacune que les constructeurs comblent d'eux-mêmes en attendant une modification de cette anomalie.

Ils adoptent, en général, des coefficients de sécurité nettement supérieurs à ceux que leur impose le règlement.

Dans son projet de novembre 1965, la Commission internationale pour la réglementation des ascenseurs et monte-charge prend comme valeurs :
— coefficient de sécurité minimum de 12 pour trois câbles et plus;
— coefficient minimum de 16 en cas de suspension à deux câbles.

Ces valeurs devraient, dès que possible, s'intégrer dans la réglementation.

La charge statique suspendue est la somme :
— du poids mort de la cabine et de ses accessoires;
— de la charge nominale;
— du poids de la nappe de câbles lorsque la cabine est au niveau inférieur (distance de l'attache des câbles sur cabine à la poulie de traction).

2. — Attaches

Les attaches sont les pièces qui assurent la liaison des câbles à la cabine et au contrepoids.

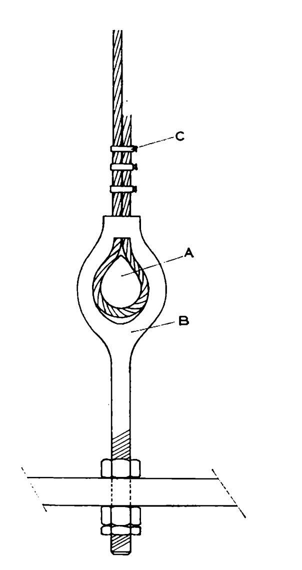


Fig. 20. — *Attache du câble avec cosse en cœur.*

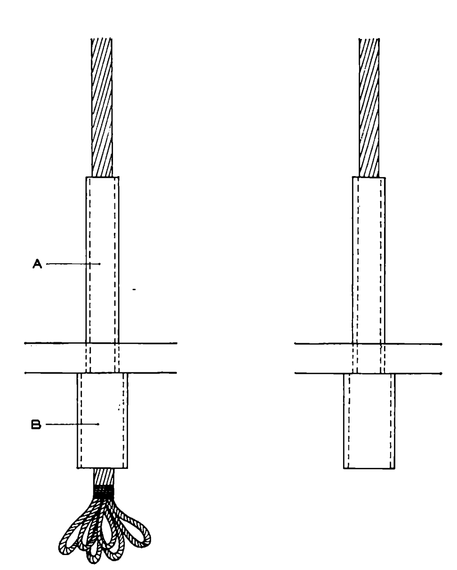


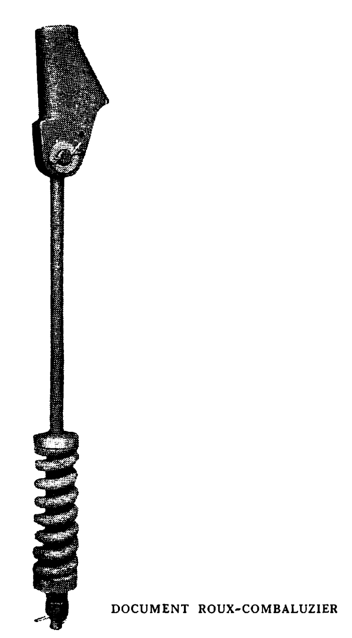
Fig. 21. — *Attache de câble. Disposition des brins : à gauche, avant culottage au plomb; à droite, après culottage.*

Les figures 20 et 21 représentent deux modes de liaison habituellement utilisés. Sur la figure 20 le câble est coincé dans un logement du tirant B

par la pièce en cœur A — Un ou plusieurs serre-câbles C maintiennent l'extrémité appliquée contre le câble.

Sur la figure 21 *a* le câble dont les torons sont formés en épingles réunies elles-mêmes par du fil de fer passe dans une pièce tubulaire A décolletée. L'épanouissement du câble est tiré dans la cavité dans laquelle est coulé du plomb à température de première minute de fusion (250° environ). C'est l'opération dite de « culottage ».

La fixation des attaches est effectuée par l'une des deux méthodes sur une pièce comportant des trous généralement soudée sur les ailes inférieures de la traverse supérieure de l'arcade de la cabine ou du contrepoids. Toutefois, suivant les constructeurs, sur l'un d'eux, les attaches sont placées avec des ressorts intermédiaires afin d'assurer une répartition de la charge sur chaque câble (fig. 22).



DOCUMENT ROUX-COMBALUZIER

FIG. 22. — *Ressort de suspension monté sur attache.*

Ainsi, le système de la fig. 22 n'est généralement employé qu'à une seule extrémité.

3. — Schémas de cablage

Les extrémités des câbles sont reliées l'une à l'arcade de la cabine, l'autre à l'étrier du contrepoids.

Dans le schéma le plus simple et le plus courant, car il est utilisé dans les ascenseurs d'immeubles d'habitation, le parcours des câbles correspond à celui de la fig. 23.

Mais souvent il se complique, car les caractéristiques des installations qui influent sur sa disposition : vitesse, charge, dimensions de la cabine, sont essentiellement variables.

L'incidence de la vitesse provient du fait que les couples de réduction des treuils et la vitesse des moteurs sont limités à des valeurs que, technologiquement, il n'est pas raisonnable de dépasser : rapports de réduction de l'ordre de 1/60 pour les couples (résistance du bronze constituant les dents de la roue hélicoïdale, au-dessous de laquelle les constructeurs ne descendent pas), vitesse de 1000 t/m au-dessous de laquelle la construction du moteur devient très onéreuse.

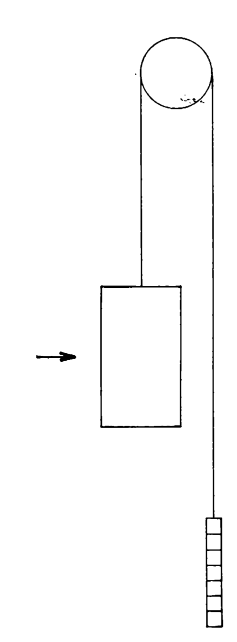


FIG. 23. — *Schéma de câblage à suspension directe.*

La vitesse linéaire de l'appareil dépend également du diamètre primitif de la roue de traction du treuil et, là encore, la NF P 82 202 intervient pour limiter à 40 le rapport des diamètres roue/câble ainsi qu'il a été mentionné précédemment.

La charge, dès qu'elle atteint des valeurs importantes, 1500 kg, 2 t et plus, exige le schéma avec mouflage deux brins, trois brins, quatre brins

même, pour multiplier par 2, 3, 4 la résistance de la nappe de câbles à la rupture.

Enfin, les dimensions de la cabine rendent nécessaires, lorsqu'elles dépassent des demi-profondeurs de 0,90 à 1 m, des parcours spéciaux à double enroulement pour conserver l'adhérence, ou le mouflage. Il existe d'ailleurs une relation évidente entre les dimensions de la cabine, la charge et la nécessité du mouflage.

Avec le chapitre VI, *Implantations*, ces diverses dispositions seront examinées ainsi que leur incidence sur les dimensions de la gaine.

Figure 24. — La cabine étant trop profonde pour la roue de traction du treuil (A), une poulie folle, dite de détour, est employée pour écarter

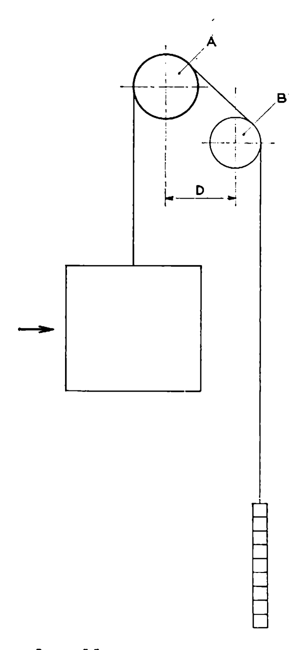


FIG. 24. — *Schéma de câblage à suspension avec poulie de détour.*

le contrepoids de la cabine. Mais la distance D entre les verticales passant par l'axe des deux poulies est limitée par l'angle α, dit angle d'adhérence, dont la valeur n'est généralement pas inférieure à 150° (fig. 25). Cette distance D pourrait être augmentée en descendant la poulie de détour B, mais l'installateur est alors limité par la hauteur H' entre les horizontales passant par l'axe des poulies. (Tracés en tirets). La disposition adoptée correspond alors à celle de la figure 26.

Figure 26. — Le parcours de la nappe est alors le suivant : cabine, partie

supérieure de A, partie supérieure de B, contour de B, retour en A par la partie inférieure, partie supérieure de A, puis de B et enfin contre poids.

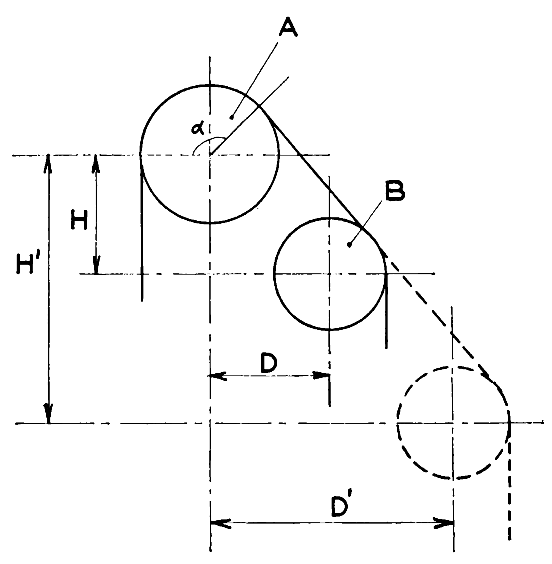


Fig. 25. — *L'angle d'adhérence α dépend des valeurs de D et H, des positions de la poulie du treuil A et de la poulie de détour B.*

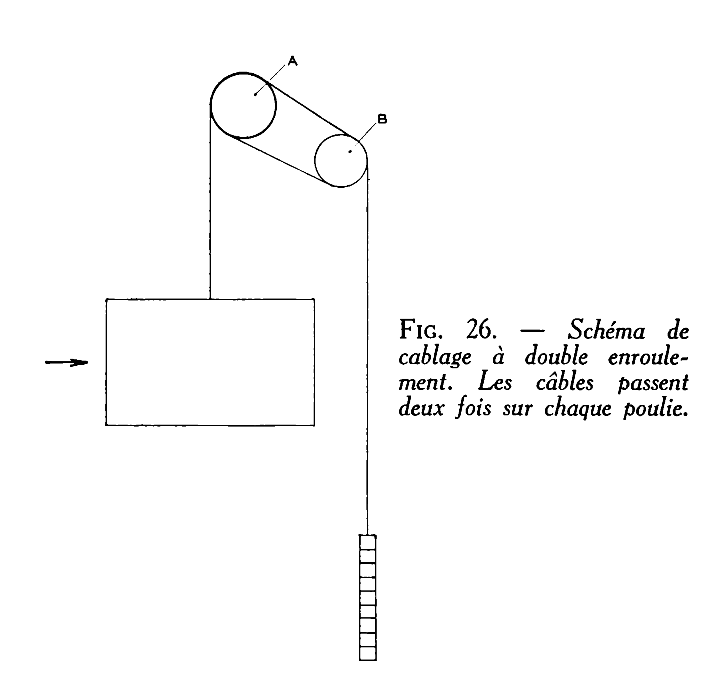


Fig. 26. — *Schéma de cablage à double enroulement. Les câbles passent deux fois sur chaque poulie.*

L'angle d'adhérence est ainsi égal à 180° si les diamètres de A et de B sont égaux.

Des doubles enroulements de ce genre permettent d'éloigner B de A, mais, là encore, l'installateur est limité par les dimensions de la machinerie.

Figure 27. — Le mouflage deux brins, *a* et *b* permet d'augmenter le poids total suspendu soit par les dimensions de la cabine, soit par la charge.

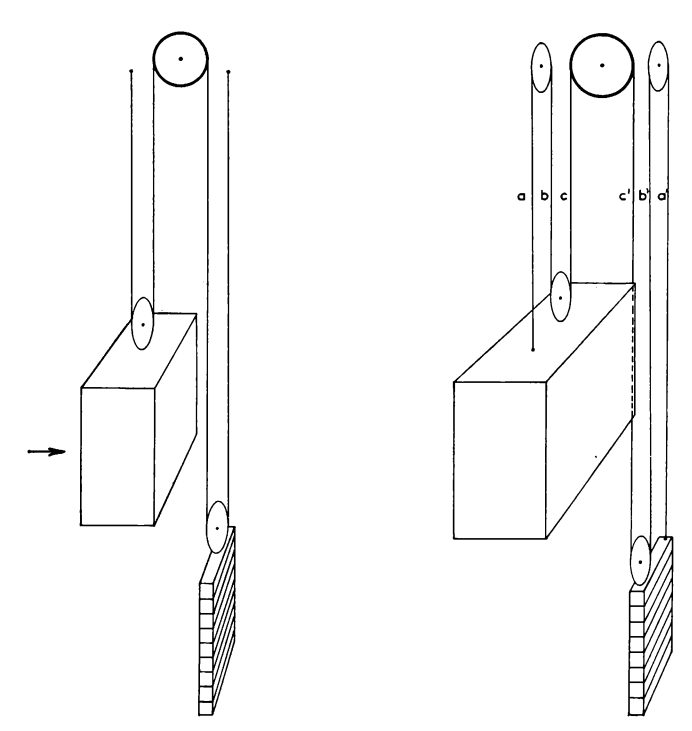


FIG. 27. — *Schéma de câblage avec mouflage deux brins. Deux poulies supplémentaires sont au mi nimum nécessaires.*

FIG. 28. — *Schéma de câblage avec mouflage trois brins. Quatre poulies supplémentaires sont au minimum nécessaires.*

Les brins *b* et *b*' circulent à une vitesse double de celle de la cabine. Chaque brin *a* ou *b* supporte la demi-charge.

Figure 28. — Cette figure représente un mouflage trois brins *a*, *b*, *c* dont chacun supporte le tiers du poids total suspendu. Il en est de même pour *a*', *b*' et *c*', côté contrepoids. Dans cette disposition, les brins *c* et *c*' circulent à une vitesse triple de celle de la cabine.

Figure 29. — Cette disposition, comme celle de tout mouflage, permet de renvoyer le contrepoids soit à l'arrière, mais plus généralement sur

le côté de la cabine. Chaque brin supporte le quart du poids total suspendu et les brins *d* et *d'* circulent à une vitesse quadruple de celle de la cabine.

Figure 30. — Un mouflage deux brins comportant deux poulies sur la cabine permet également de renvoyer le contrepoids sur le côté.

Les dispositions possibles sont très nombreuses et donnent aux constructeurs les moyens de résoudre tous les problèmes qui leur sont posés.

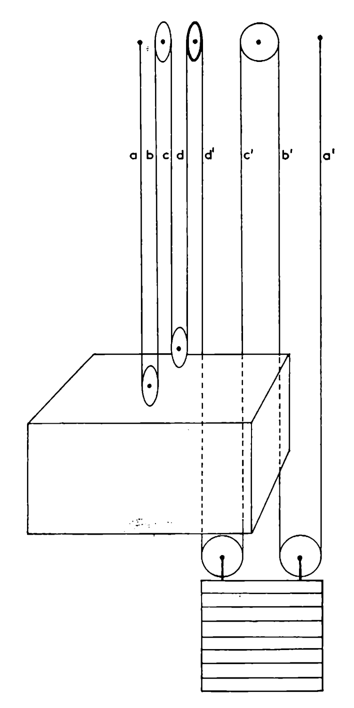


FIG. 29. — *Schéma de câblage avec quatre brins. Six poulies supplémentaires sont au minimum nécessaires.*

FIG. 30. — *Disposition de câblage avec contrepoids sur le coté de la cabine.*

Cependant, il faut considérer que le prix de revient de telles installations est plus élevé. Il est donc nécessaire de limiter la charge et les dimensions aux besoins stricts si l'on ne veut pas avoir une surprise désagréable.

Pour illustrer la complexité de certains schémas de câblage, la figure 31 représente le cas assez fréquent d'un monte-voitures avec machinerie à la partie inférieure. Ces dispositions sont 15 à 20 % plus onéreuses que la disposition avec machinerie supérieure, en raison des charpentes métalliques ou des travaux de maçonnerie en plus, du nombre de poulies supplé-

mentaires, de la longueur des câbles, du rendement de l'installation plus faible de 5 à 10 % et par conséquent de la consommation de courant.

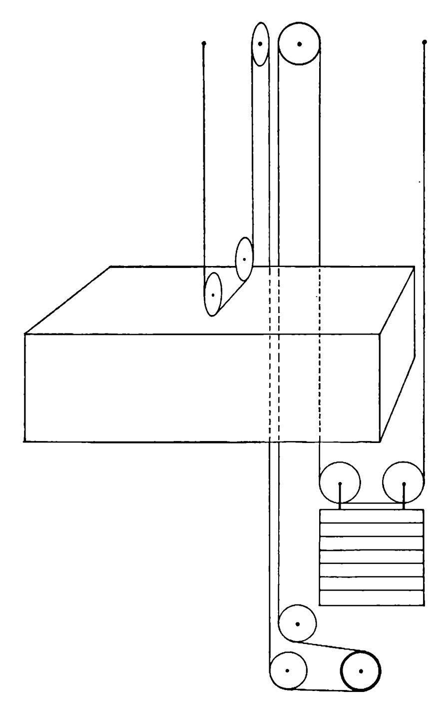


FIG. 31. — *Ce qu'il faut éviter : machinerie à la partie inférieure d'un monte-voitures. Huit poulies sont au minimum nécessaires.*

4. — Adhérence

C'est l'un des problèmes de mécanique les plus délicats dans ce domaine. La norme NF P 82 201 vise dans son article 2-44 la sécurité concernant ces appareils, admet la possibilité de patinage des câbles dans les gorges de la poulie motrice lorsque la cabine ou le contrepoids sont arrêtés et la présente même comme un résultat de ce blocage. Son intervention se borne à ce point très précis de sécurité.

Les phénomènes auxquels sont soumis les câbles lorsqu'ils passent dans les gorges de la poulie sont complexes et l'empirisme joue également ici un rôle qui n'est pas négligeable. Un compromis doit être obtenu entre une adhérence maximale et une usure réduite des gorges en fonte et des câbles eux-mêmes.

En effet, les différences de tension des brins côté cabine (vide ou chargée) et côté contrepoids, la pression dans les gorges, l'accélération lors du

démarrage et le ralentissement au moment du freinage, le rampement du câble dans sa gorge pendant le fonctionnement, le cœfficient de frottement, sont autant de facteurs qui intéressent ce problème.

Les différences de tension interviennent pendant la marche de l'appareil. Les brins, côté cabine et côté contrepoids ne sont pas soumis aux mêmes forces de tension dues à la pesanteur sauf lorsque la cabine est à demi-charge. Dans ces conditions, et en particulier avec les couples maxima, l'enroulement côté forte tension s'effectue plus rapidement et d'un seul bloc par rapport au déroulement côté faible tension. Le câble est donc soumis dans les gorges à des allongements et des contractions qui lui font subir un mouvement de rampement. Le câble glisse sur la poulie avec frottement et en provoque l'usure. La poulie est en effet taillée dans une couronne de fonte et est, si des précautions ne sont prises, rapidement attaquée par l'acier des câbles.

L'accélération et le ralentissement représentant des forces qui augmentent ou diminuent les tensions statiques ne font qu'accroître le phénomène.

Lors d'une prise de parachute au moment des essais de l'appareil, il est courant de voir glisser les câbles de 10 à 20 cm sur un ascenseur classique d'immeuble.

Le phénomène physique est donc actuellement assez bien connu et le calcul se borne, en général, pour les constructeurs à vérifier si les poids de la cabine vide et du contrepoids permettent d'obtenir une adhérence suffisante ou s'il doit être prévu un lest.

La forme de gorge la plus couramment utilisée actuellement pour les poulies motrices des treuils est représentée à la figure 32. Elle a la forme d'un V dans lequel le câble est coincé par pression. L'angle φ (fig. 33)

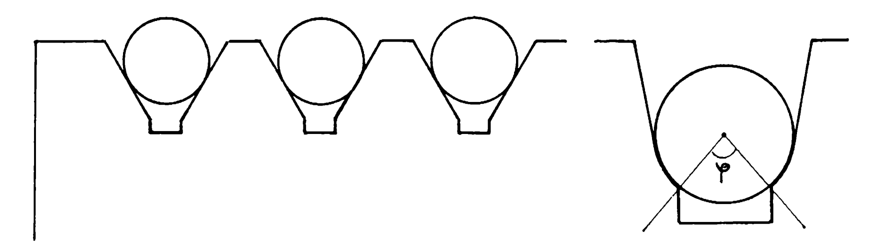


FIG. 32. — *Profil des gorges d'une poulie de treuil à traction par adhérence.*

FIG. 33. — *Angle de Soustaille. Avec l'angle d'adhérence il conditionne l'entraînement.*

appelé angle de soustaille est de l'ordre de 90° pour un angle d'adhérence α de 150°.

Les gorges de la poulie d'un gearless sont demi-rondes et dans ce genre d'installation l'adhérence est obtenue par le double enroulement (fig. 26).

La gorge en V n'est pas utilisée pour éviter les glissements importants qui n'éviteraient pas de se produire pendant les périodes d'accélération et de ralentissement, glissements provoquant une usure rapide des gorges et une perte d'adhérence de l'ensemble.

Pour les poulies de détour, les gorges sont taillées en demi-rond, ces poulies ayant seulement un rôle porteur et n'intervenant pas dans la traction.

5. — Protection de la suspente

Les câbles ne peuvent pas sortir des gorges de la poulie de traction les ressorts de suspension les maintenant en permanence en tension ou, si celle-ci faiblit, leur propre poids leur faisant conserver leur position. Pour ces raisons, la poulie de traction n'est généralement pas munie de garde-câbles.

Par contre, les poulies de mouflage sur cabine et sur contrepoids sont protégées par un garde-câble afin d'éviter leur dégorgement et comportent, en outre, une tôle de protection à leur partie supérieure pour empêcher des corps étrangers de venir se loger en tombant entre les gorges et les câbles au risque de le provoquer.

6. — Note de calcul des cables

Avant d'aborder la vérification du coefficient de sécurité des câbles suivant ce que nous avons exposé ci-dessus, il convient de fixer les conditions de détermination du poids de la cabine.

Les valeurs que nous donnons ci-dessous correspondent à des poids moyens rencontrés dans les installations actuelles. Elles sont communiquées pour donner seulement l'ordre de grandeur et permettre l'évaluation approximative du poids de la cabine.

A) POIDS DE CABINE

Le poids de la cabine est composé de la somme des poids suivante :

— poids de la surface totale des côtés, augmentée de 10 % à raison de 11,500 kg/m²;

— poids du plancher à raison de :

70 kg/m²	pour appareils de	300 à 600 kg	de charge
110 kg/m²	—	675 à 2 000 kg	—
220 kg/m²	—	au-dessus de 2 000 kg	—

— poids du toit à raison de 20 kg/m²;

— poids de l'arcade à raison de :

partie fixe de 60 kg +
60 kg/m de largeur de cabine de 300 à 600 kg de charge

80 kg/m	—	675 à 1 200 kg	—
120 kg/m	—	1 275 à 2 000 kg	—
180 kg/m	—	au-dessus de 2 000 kg	—

— poids du parachute :

à prise instantanée : 40 kg
à prise amortie : 100 kg

— poids des accessoires : 80 kg;

— poids de la porte de cabine :
partie fixe de 80 kg + 25 kg/m² de surface de porte;

— poids des poulies de mouflage : 30 kg environ par poulie.

B) CARACTÉRISTIQUES DES CABLES

Nous donnons ci-après les caractéristiques principales des câbles de formation « Sealey » à huit torons.

Chaque toron est composé de :

— 1 fil;

— 9 fils;

— 9 fils extérieurs;

en acier clair de 160 kg/mm².

Câblage croisé préformé et âme centrale textile.

∅ des câbles *mm*	*∅ des fils* *mm*	*Section* *mm²*	*Poids/m* *kg*	*Résistance totale* *kg*
7,87	0,5	21,05	0,203	3 223
9,45	0,6	30,36	0,293	4 650
11,00	0,7	41,27	0,396	6 323
12,6	0,8	53,34	0,515	8 152
14,2	0,9	67,98	0,656	10 805
15,5	1,0	83,84	0,810	12 830

C) EXEMPLE DE CALCUL DES CABLES

— Prenons le cas d'un ascenseur de charge du groupe I :

— force = 1 500 kg;

— course = 20 m;

— mouflage deux brins (fig. 27);

— parachute à prise instantanée;

— sans porte de cabine;

— dimensions de la benne = 1,50 m de largeur; 2 m de profondeur; 2,20 m de hauteur;

— poulies de traction et de mouflage $\varnothing = 500$.

Surface latérale :

$$(2 + 1{,}50 + 2) \times 2{,}20 = 12{,}10 \text{ m}^2$$

Poids de la surface latérale de la benne P_e :

$$11{,}5 \text{ kg/m}^2 \times 12{,}10 \text{ m}^2 \times 1{,}10 = 153 \text{ kg}$$

Surface du plancher :

$$1{,}50 \times 2 = 3 \text{ m}^2$$

Poids du plancher P_p :

$$110 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m}^2 = 330 \text{ kg}$$

Poids du toit :

$$P_t = 20 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m}^2 = 60 \text{ kg}$$

Poids de l'arcade :

$$P_a = 60 \text{ kg} + (120 \text{ kg/m} \times 1{,}50 \text{ m}) = 240 \text{ kg}$$

Poids du parachute :

$$P_{pa} = 40 \text{ kg}$$

Poids des accessoires :

$$P_{ac} = 80 \text{ kg}$$

Poids des poulies de mouflage :

$$P_m = 2 \times 30 \text{ kg} = 60 \text{ kg}$$

Poids de benne :

$$P_1 = P_l + P_p + P_t + P_a + P_{pa} + P_{ac} + P_m$$

$$P = 153 + 330 + 60 + 240 + 40 + 80 + 60 = 963 \text{ kg}$$

Comme nous l'avons vu plus haut, le coefficient de sécurité C_s est défini par le quotient de la charge de rupture nominale C_r de la nappe de câbles par la charge statique maximum P portée par la nappe en service normal :

$$C_s = \frac{C_r}{P} \qquad (2)$$

Cette charge maximale est alors égale à la somme de la charge utile C_u du poids mort P_1 (constitué par la cabine ou la benne, le parachute et les accessoires) et du poids de la nappe de câbles P_2.

$$P = C_u + P_1 + P_2 \qquad (3)$$

D'après la norme NF P 82 202, le coefficient de sécurité pour un ascenseur de charge du groupe I se situe entre 7 et 14.

Choisissons d'avoir par exemple $C_s = 12$. Ceci implique que le rapport $\frac{D}{d}$ soit égal à 45 (toujours d'après la norme NF P 82 202).

Par conséquent, si nous prenons des câbles à huit torons, le diamètre maximum d'un câble sera :

$$d = \frac{D}{45 \times 0{,}825} = \frac{500}{37{,}12} = 13{,}5 \text{ mm}$$

Dans l'égalité (3), P_2 peut être négligé par rapport à la charge et au poids

mort. Il suffira alors de calculer P_1 pour obtenir, d'après (2) et (3), la valeur nécessaire de C_r :

$$C_r = C_s \times P$$

soit :

$$C_r = C_s\ (C_u + P_1)$$

Et, en reportant dans cette équation les valeurs respectives de C_s, C_u et P_1 :

$$C_r = 12\ (1\,500 + 963) = 29\,556 \text{ kg}$$

Ceci est la charge de rupture effective; pour obtenir la charge de rupture nécessaire, il convient de faire intervenir le coefficient de câblage qui est de 0,85.

Soit :

$$C_r \text{ nécessaire} = \frac{C_r \text{ effective}}{0{,}85} = \frac{29\,556}{0{,}85} \simeq 34\,770 \text{ kg}$$

D'autre part, la charge de rupture nécessaire est égale au produit de la charge de rupture d'un câble par le nombre n et par le type de mouflage m (deux brins, trois brins, etc.) :

$$C_r \text{ nécessaire} = C_r \text{ d'un câble} \times n \times m \qquad (4)$$

Nous avons vu que le diamètre maximum d'un câble pour un coefficient de sécurité de 12 doit être de 13,5 mm.

Comme il n'existe pas, dans le tableau précédent, de diamètre de câbles répondant à cette valeur, nous prendrons celle immédiatement inférieure, c'est-à-dire des câbles de diamètre 12,6 mm.

D'après l'équation (4) :

$$n = \frac{C_r \text{ nécessaire}}{C_r \text{ d'un câble} \times m}$$

Soit : $n = \dfrac{34\,770}{8\,152 \times 2} = 2{,}13$, soit trois câbles par excès

Cependant, pour compenser les efforts de torsion des câbles, les constructeurs les prévoient en général en nombre pair, dont la moitié torsadée à droite et l'autre moitié torsadée à gauche.

Dans le cas présent, il faudrait donc quatre câbles, mais ceci conduirait à un coefficient de sécurité beaucoup trop élevé. On prendra donc un diamètre de câbles inférieur; soit quatre câbles de diamètre 11. Le coefficient de sécurité devient donc, en tenant compte, maintenant qu'ils sont déterminés, du poids propre des câbles (on envisage le cas le plus défavorable : la benne est au niveau inférieur) :

Poids des câbles :

$$P_2 = 0{,}396 \text{ kg/m} \times 4 \times 20 \text{ m} = 32 \text{ kg}$$

$$P = C_u + P_1 + P_2 = 1\,500 + 963 + 32 = 2\,495 \text{ kg}$$

$$C_r = 6\,323 \text{ kg} \times 4 \times 2 \times 0{,}85 = 43\,000 \text{ kg}$$

D'où : $$C_s = \frac{43\,000}{2\,495} = 17{,}2$$

Ce cœfficient de sécurité, nettement supérieur au cœfficient exigé par la norme, qui est dans le cas présent, pour un rapport $\frac{D}{d} = \frac{500}{11} = 45{,}5$, de 12 environ (se reporter à l'abaque fig. 19) est celui que les constructeurs appliquent généralement.

D. — Guides

La cabine et le contrepoids circulent le long de guides en acier dont l'importance est telle pour le confort des usagers que les spécialistes n'hésitent pas à affirmer qu'il réside pour sa plus grande part dans la façon dont ils sont montés.

Le soin avec lequel cette opération de montage doit être exécutée conditionne définitivement la qualité de l'appareil et la durée de vie de certaines pièces. En effet, il est rare que des guides mal montés puissent être rattrapés malgré les possibilités de réglage prévues par le constructeur et le coulissement doux et silencieux n'est alors jamais obtenu. Un montage défectueux active d'autre part l'usure des coulisseaux.

1. — Guides de cabine (fig. 34 et 35)

Les guides de cabine étaient constitués par des barres d'acier de section ronde de 60 mm environ de diamètre. Ces barres comportaient deux rainures longitudinales qui permettaient leur propre fixation et également celle d'organes d'arrêt ou de sécurité disposés en gaine.

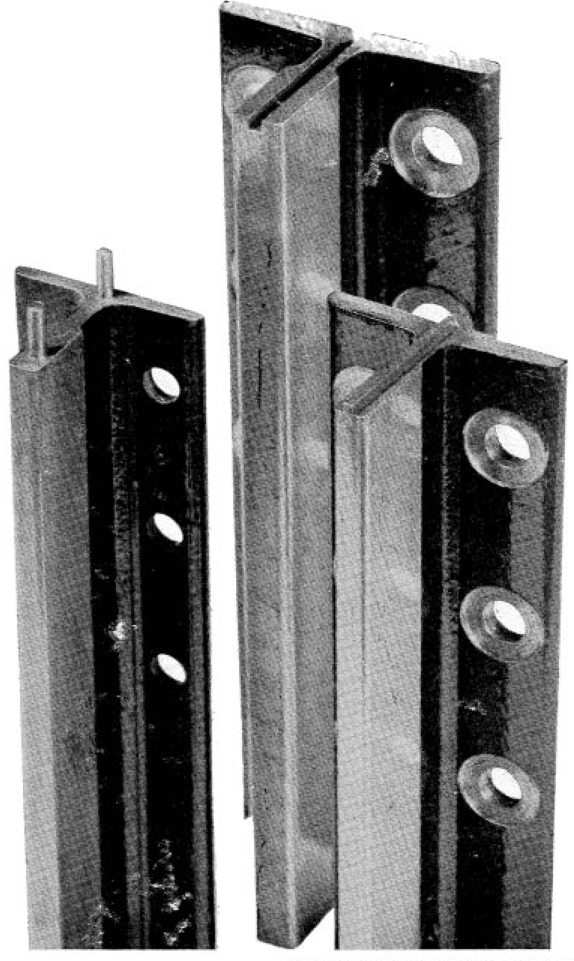
Ce type de guide que l'on rencontre encore dans les anciennes installations est pratiquement abandonné et remplacé par un profilé d'acier en forme de T obtenu par étirage (fig. 37). Son moment d'inertie suivant l'axe xx' est, toutes choses égales, nettement supérieur à celui du guide rond; l'acier qui les constitue est de qualité 40 kg/mm² environ.

Les trois faces A des guides sont soigneusement rabotées afin d'obtenir un coulissement doux et l'emboîtage de deux guides successifs est effectué par tenon et mortaise ou par goujons parfaitement usinés pour assurer une excellente continuité de la file de guides.

Les guides sont maintenus assemblés par des éclisses boulonnées (fig. 36). Bien que la réglementation soit muette sur ce point, il est nécessaire que le nombre de boulons soit au minimum de huit par éclisse.

Afin que le serrage de l'éclisse sur les guides ne provoque un décalage et par conséquent une discontinuité à l'endroit de la jonction J, certains constructeurs poussent le soin jusqu'à usiner les surface des guides et de l'éclisse en contact (fig. 35).

Les guides sont maintenus sur les étriers fixés aux murs par deux crapauds C (fig. 37) qui, tout en les serrant étroitement, leur laissent une



DOCUMENT LA PAUMELLERIE ÉLECTRIQUE

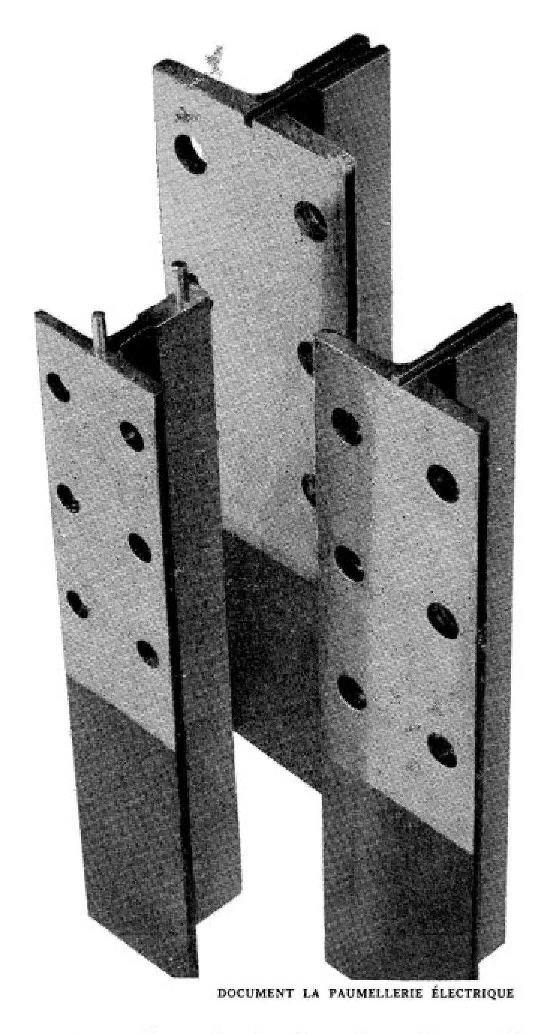
FIG. 34. — *Guides de cabine : assemblage par tenon et mortaise et assemblage par goujons.*

certaine liberté de déplacement vertical. Des cales sont disposées entre le guide et l'étrier au moment du montage pour parfaire leurs linéarité et verticalité.

Le faux aplomb de guides soigneusement montés est inférieur à 1 mm dour 10 m.

Le soin du montage se porte également sur d'autres détails d'autant plus importants que l'appareil est rapide :

— le parallélisme des deux files de guide qui doit être pratiquement



DOCUMENT LA PAUMELLERIE ÉLECTRIQUE

FIG. 35. — *Face postérieure des guides de cabine. La surface qui doit recevoir l'éclisse est usinée.*

rigoureux tout le long de la course car il est en général obtenu à l'aide d'un gabarit;

— le parallélisme des surfaces latérales A (fig. 37) des deux files de guide autrement dit l'absence de gauchissement d'une file par rapport à l'autre

La cote H varie suivant les inerties de 50 à 90 mm.

Le rôle des guides de cabine est double :

— maintenir la cabine en position verticale lorsque les charges sont excentrées en avant ou en arrière;

— supporter une prise éventuelle de parachute.

Le maintien de la cabine en position verticale a déjà été examiné lors de l'étude de l'arcade de cabine.

La prise de parachute influe principalement sur le choix de la section d'un

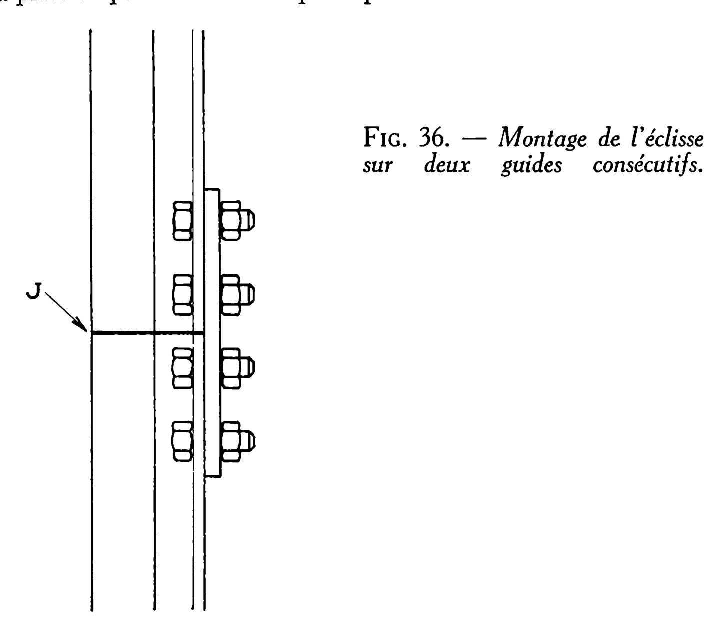
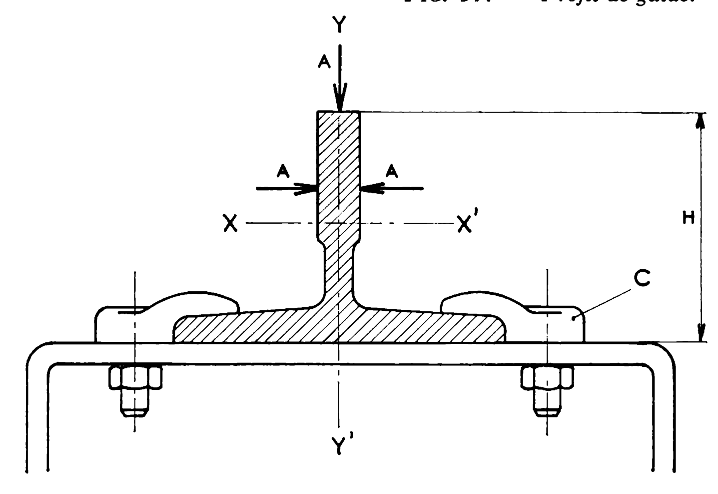


FIG. 36. — *Montage de l'éclisse sur deux guides consécutifs.*

FIG. 37. — *Profil de guide.*



guide. Deux solutions de pose des guides sont utilisées par les constructeurs.

a) Chaque file de guide repose sur le fond de la cuvette soit directement, soit par l'intermédiaire d'une semelle. Les efforts dus à une prise éventuelle

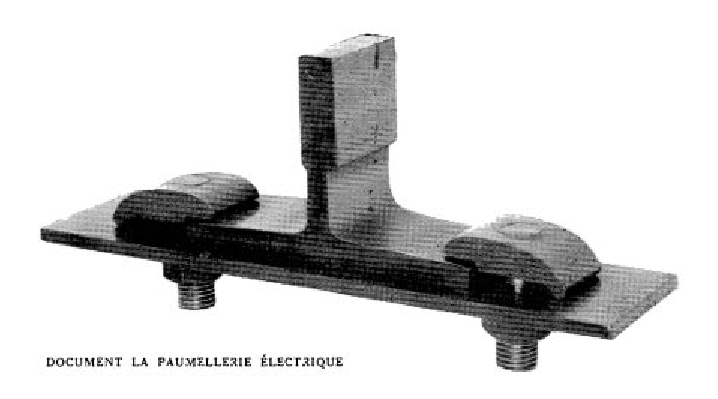


FIG. 38. — *Fixation d'un guide par crapauds sur son support.*

de parachute sont appliqués à la dalle de béton formant le fond de cuvette. Les guides travaillent à la compression et subissent la déformation du flambage. Leur résistance à ce phénomène, ainsi que les efforts reportés sur la dalle, font l'objet ci-après d'une note de calcul.

b) Chaque file de guide est suspendue à la dalle de la machinerie. C'est la disposition la plus avantageuse en ce qui concerne la prise de parachute car les guides travaillent alors à l'allongement. Le phénomène, pourrait-on dire, est plus naturel et leur résistance très au-dessus de leur limite de rupture.

Cependant, ce montage qui généralement ne présente pas de difficulté dans les immeubles neufs pour le calcul de la résistance de la dalle supérieure — qui doit dans ce cas supporter tous les efforts — peut poser de sérieux problèmes et même ne pas être applicable lorsqu'il s'agit d'installation dans un bâtiment ancien.

La file suspendue est fixée par boulons travaillant au cisaillement à des cornières ou autres profilés d'acier reposant sur la dalle de machinerie.

Les deux dispositions ci-dessus sont aussi bien utilisées l'une que l'autre.

Seules les considérations exposées et principalement l'organisation du montage des constructeurs donnent la préférence à l'une ou à l'autre.

Note de calcul des guides de cabine (fig. 39)

a) PRINCIPAUX TYPES DE GUIDES ET LEURS CARACTÉRISTIQUES (à titre d'exemple)

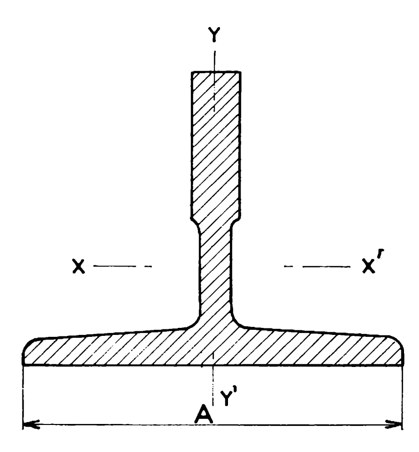


FIG. 39. — *Axe d'inertie des guides.*

Types de guides (côté A)	H	*Poids au mètre*	S : *section*	*Moment d'inertie xx'*	*Moment d'inertie yy'*
mm	*mm*	*kg/m*	*cm²*	*cm⁴*	*cm⁴*
60	50	5,50	7,00	19,00	10,10
75	55	7,80	9,90	28,60	28,40
90	62	12,10	15,40	59,60	50,10
127	90	22,20	28,40	199,00	246,00

b) EXEMPLE DE CALCUL DES GUIDES DE CABINE

Ascenseur : 900 kg.
Vitesse = V : 1,50 m/s.
Course : 24 m.
Gaine : 30 m environ.
Nombre de niveaux : 9.
Dimensions de la cabine (fig. 40) :

largeur = l : 1,15 m.
profondeur = L : 2 m.
hauteur l 2,20 m.

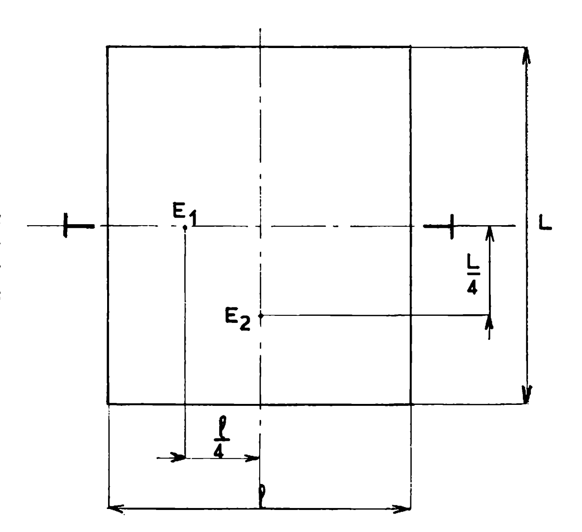


FIG. 40. — *Schéma de positionnement de l'excentration des charges pour le calcul des flexions des guides.*

Porte automatique de cabine :
largeur : 1 m.
hauteur : 2 m.

Distance entre coulisseaux = H : 2,70 m (fig. 41).

Distance entre ancrages des guides D : 3 m (distance entre niveaux) (fig. 41).

Guides de 90 : (fig. 39).

Nous examinerons les guides à un triple point de vue :

1) flambage;

2) flexion par demi-charge excentrée (fig. 40) :
— dans l'axe des guides, demi-charge en E_1;
— perpendiculairement à l'axe des guides, demi-charge en E_2;

3) réaction à la base d'un guide lors de la prise de parachute.

1) *Flambage.*

L'effort supporté par les guides lors de la prise de parachute est :

$$F_t = P + F \qquad (5) \quad (A)$$

où :

P : effort total auquel sont soumises les deux files de guides, en kg;

F : force due à la pesanteur appliquée à l'ensemble en cas de rupture des câbles pendant la prise de parachute, en kg.

Or, d'après la relation fondamentale de la dynamique :

$$F = m\gamma \qquad (6)$$

et :

$$m = \frac{P}{g} \tag{7}$$

et pour un mouvement rectiligne uniformément varié, ce qui est le cas pour un ascenseur puisque l'on admet que l'accélération est constante,

$$\gamma = \frac{V_p^2}{2e} \tag{8}$$

Et, en remplaçant m et γ par leurs valeurs dans l'équation (6), il vient :

$$F = \frac{PV_p^2}{g2e} \tag{9}$$

où :

V_p : est la vitesse limite de prise de parachute = V × k, en m/m. Ce

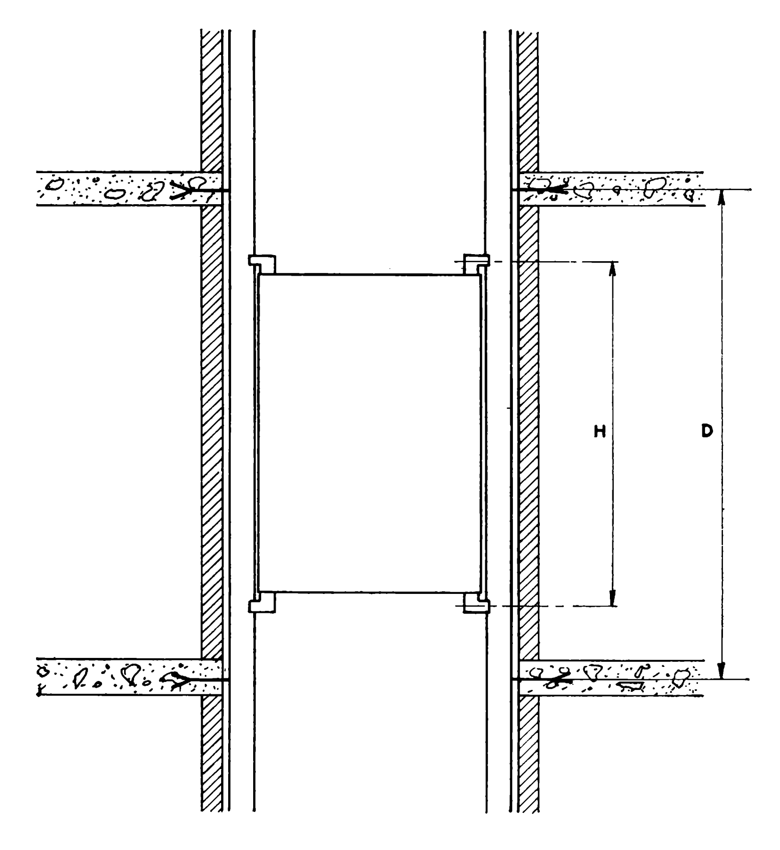


FIG. 41. — *Schéma des distances entrant en considération dans le calcul du flambage pour les guides reposant en fond de cuvette.*

coefficient k varie suivant la vitesse nominale de l'appareil (NF P 82 201 - art. 2-224/41);

g : l'accélération de la pesanteur, en m/s²;

e : l'espace parcouru pendant la prise de parachute, soit :
0,04 m pour parachute à prise instantanée;

$\frac{V^2}{2\gamma}$ pour parachute à prise amortie ($\gamma = 5$ m/s² - voir « amortisseurs »).

Chacun des guides supporte :

$$F_R = \frac{F_t}{2}$$

Soit, d'après (5) et (9)

$$F_R = P\left(0,5 + \frac{V_p^2}{4ge}\right) \qquad (10)$$

où F_R est exprimé en kg, P en kg, V en m/s et ou $g = 9,81$ m/s².

La contrainte subie par un guide est alors :

$$\lambda = \frac{F_R}{S} \qquad (11)$$

où :

λ est exprimé en kg/mm²;

F_R en kg;

S en mm² (donnée par le tableau ci-dessus)

- Calcul de P.

Comme nous l'avons vu plus haut, dans le calcul des câbles,

$$P = C_u + P_1 + P_2 \qquad (3)$$

où :

C_u : charge de l'appareil = 900 kg;

P_1 : poids de la cabine, avec parachute et accessoires = 905 kg (voir la détermination de ce calcul au § de la « note de calcul des câbles »);

P_2 : poids de la nappe de câbles $\simeq$ 20 kg (4 câbles de 14,2 déterminés suivant le calcul précédent).

Soit :

$$P = 900 + 905 + 20 = 1\,825 \text{ kg}$$

- Calcul de F_R.

D'après l'égalité (10), nous avons :

$$F_R = P\left(0,5 + \frac{V_p^2}{4ge}\right)$$

$$V_p = V \times 1{,}40 = 1{,}50 \text{ m/s} \times 1{,}40 = 2{,}10 \text{ m/s}$$

$$e = \frac{V^2}{2\gamma} = \frac{1{,}50^2}{2 \times 5} = 0{,}22 \text{ m}$$

D'où :

$$F_R = 1\,825 \left[0{,}5 + \frac{2{,}10^2}{4 \times 9{,}81 \times 0{,}22}\right] = 1\,843 \text{ kg}$$

• Calcul de λ :

D'après l'égalité (11)

$$\lambda = \frac{1\,843}{1\,540} = 1{,}196 \text{ kg/mm}^2$$

Or, d'après la norme NF P 82 204

$$\lambda' = \frac{8}{\sqrt{1 + \frac{320 \times k \times D^2}{\pi^2 \times E \times F_R}}} \qquad (12)$$

où :

$$k = \frac{S^2}{I \times 10^4}$$

S : est la section d'un guide, en mm^2;

I : le plus faible moment d'inertie d'un guide, en cm^4;

E : le module d'Euler, en $kg/mm^2 = 22.10^3$ kg/mm^2;

D : la distance entre ancrages des guides, en mm.

soit :

$$k = \frac{1\,540^2}{50{,}10 \times 10^4} = 4{,}73$$

et :

$$\lambda' = \frac{8}{\sqrt{1 + \frac{320 \times 4{,}73 \times 9.10^6}{\pi^2 \times 22.10^3 \times 1\,825}}} = 1{,}34 \text{ kg/mm}^2$$

Donc, des guides de 90 suffisent, car λ est bien inférieur à λ'.

2) *Flexion par demi-charge excentrée* (fig. 34)

• Dans l'axe des guides : demi-charge en E_1.

La flèche est telle que :

$$f_1 = \frac{R_1 \times D^3}{48 \times E \times I_{xx'}} = \frac{R_1 \times D^3}{10{,}56.10^7 \times I_{xx'}} \qquad (13)$$

où :

R_1 : effort transmis par le coulisseau sur le guide, est exprimé en kg :

$$R_1 = \frac{C}{H} \qquad (14)$$

H : distance entre coulisseaux, en cm;

C_1 : couple auquel est soumis chaque guidage, en cm/kg :

$$C_1 = E_1 \times \frac{l}{4} \qquad (15)$$

E_1 : demi-charge, en kg;

l : largeur de la cabine, en cm;

D : distance entre ancrages, en cm;

$I_{xx'}$: moment d'inertie suivant $_{xx}'$, en cm_4 (fig. 39)

Soit, en remplaçant par les valeurs :

$$C_1 = \frac{450 \times 115}{4} = 12\,920 \text{ cm/kg}$$

$$R_1 = \frac{12\,920}{270} = 48 \text{ kg}$$

$$F_1 = \frac{48 \times 27.10^6}{10{,}56.10^7 \times 59{,}60} = 0{,}206 \text{ cm}$$

- Perpendiculairement à l'axe des guides : demi-charge en E_2.

La flèche est telle que :

$$F_2 = \frac{R_2 \times D^3}{10{,}56.10^7 \times I_{yy'}} \qquad (16)$$

où :

R_2 : effort transmis par le coulisseau sur le guide, en kg :

$$R_2 = \frac{C_2}{2H} \qquad (17)$$

C_2 : couple auquel est soumis chaque guidage, en cm/kg :

$$C_2 = E_2 \times \frac{L}{4} \qquad (18)$$

E_2 : demi-charge, en kg;

L : profondeur de la cabine, en cm;

$I_{yy'}$: moment d'inertie suivant $_{yy'}$, en cm^4 (fig. 39).

Soit, en remplaçant par les valeurs :

$$C_2 = \frac{450 \times 200}{4} = 22\,500 \text{ cm/kg}$$

$$R_2 = \frac{22\,500}{2 \times 270} = 41{,}6 \text{ kg}$$

$$F_2 = \frac{41{,}6 \times 27.10^6}{10{,}56.10^7 \times 50{,}10} = 0{,}212 \text{ cm}$$

3) *Réaction à la base d'un guide lors de la prise de parachute.*

Elle est égale à l'effort supporté par un guide lors de la prise de parachute, F_R, augmenté du poids de la file de guide P_G :

$$R = F_R + P_G \qquad (19)$$

Or, P_G = poids au mètre d'un guide $\times$ hauteur de la gaine.

Soit, en remplaçant par les valeurs :

$$P_G = 12{,}10 \text{ kg/m} \times 30 \text{ m} = 363 \text{ kg}$$
$$R = 1\,825 + 363 = 2\,168 \text{ kg}$$

2. — Guides de contrepoids

Les guides de cabine des appareils des groupes I et II sont toujours rigides; par contre, les guides de contrepoids peuvent, comme les guides de cabine, être constitués par des profilés d'acier, ou bien par des fils-guides.

La norme NF P 82 201 réglemente dans ses articles 2.72 et suivants leur utilisation.

Le contrepoids doit être guidé par guides rigides :

— si la hauteur de la gaine dépasse 35 m (la hauteur de la gaine étant la distance comprise entre le fond de cuvette et la dalle supérieure);

— si la puissance (produit de la charge utile par la vitesse) dépasse 750 kgm/s sauf si le contrepoids ne se déplace dans une gaine qui lui est propre.

Les guides rigides de contrepoids sont différents dans les cas où le contrepoids est ou non muni d'un parachute. L'obligation de prévoir un parachute sur le contrepoids sera examinée dans l'étude du parachute. Les guides sont alors identiques à ceux de la cabine pour répondre à l'éventualité d'une prise.

Mais lorsque ce dernier est absent (c'est la grande majorité des cas), les guides de contrepoids sont bien constitués par des profilés mais leur section est réduite, leur nature de métal, leur usinage n'ont rien de commun avec ceux de cabine.

En effet, les guides ont simplement le rôle de leur dénomination et ne supportent aucun effort. Ils sont constitués par un simple T de 50 × 50 mm en acier réunis par de petites éclisses et fixés aux parois par étriers ou cornières scellés. Leur montage, par contre, doit être effectué avec grand soin quant à leur verticalité, parallélisme entre eux et aux guides de cabine, si l'on ne veut pas que les bruits ou vibrations dus à un coulissement défectueux ne se répercutent à la cabine par l'intermédiaire des câbles.

En imposant l'usage de guides rigides, la réglementation a désiré prévenir les incidents qui ressortent des précautions prises dans l'article 2.722 visant le contrepoids guidé par fils-guides :

— toutes dispositions doivent être prises pour éviter que le contrepoids ne se couche quand il vient reposer sur ses butées;

— pour les appareils des groupes I (ascenseurs et monte-charge accompagnés) et II (monte-charge non accompagnés, mais pénétrables) munis de contrepoids non circulaires, le guidage doit être assuré par quatre fils-guides (Notons en passant que les contrepoids circulaires sont pratiquement abandonnés);

— cependant, pour les appareils du groupe III (monte-charge non pénétrables), le guidage du contrepoids par deux fils-guides est admis.

En effet, lorsque la hauteur de la gaine dépasse 35 m et lorsque les deux facteurs formant la puissance, charge d'une part, vitesse d'autre part, prennent des valeurs assez importantes (valeurs essentiellement subjectives pour le normalisateur et reposant seulement sur des considérations empiriques), la réglementation suppose qu'une éventualité de rencontre et de choc entre cabine et contrepoids au moment de leur croisement présente un réel danger. Éventualité due à des oscillations engendrées par un arrêt et se continuant après un nouveau démarrage, à un câble détendu et déplaçant la suspension théorique par rapport au centre de gravité du contrepoids, etc.

Les fils-guides, généralement fixés à la dalle supérieure et en fond de cuvette, sont maintenus en tension par des ressorts à boudins.

E. — Amortisseurs

Les amortisseurs sont destinés à assurer le ralentissement et l'arrêt de la cabine qui éventuellement dépasserait le niveau inférieur. Ils sont placés en fond de cuvette à l'aplomb des arcades de cabine ou de contrepoids.

Tous les ascenseurs et monte-charge accompagnés ou non, mais pénétrables, c'est-à-dire les appareils des groupes I et II, doivent être munis d'amortisseurs sous la cabine et sous le contrepoids (NF P 82 201 art. 2 511).

Par contre, pour les appareils du groupe III (monte-charge non pénétrables), des butées sont suffisantes.

La course de l'amortisseur doit être au moins égale à la valeur donnée par la formule $\frac{V^2}{2g}$ (dans laquelle V représente 1,15 fois la vitesse nominale et g l'accélération de la pesanteur) sana pouvoir être inférieure à 0,05 m (art. 2 512). Ainsi, la réglementation admet que le ralentissement provoquè par l'amortisseur ne doit pas dépasser g, c'est-à-dire 9,81 m/s². Mais l'écrasement d'un amortisseur est fonction de la force qui lui est appliquée et la norme omet de préciser la valeur de la charge. Il est donc possible d'admettre que la valeur de g ne doit pas être dépassée à pleine charge. Or, si l'éventualité de dépassement se produit avec une seule personne en cabine, le ralentissement peut atteindre 2 ou 3 g.

D'après les réactions constatées chez la plupart des passagers, cette décélération est trop importante et susceptible de provoquer des malaises ou même des accidents dans le cas des personnes âgées, des femmes enceintes, de certains malades du cœur.

En effet, le ralentissement lors d'un arrêt d'un ascenseur de 300 kg (4 personnes à 0,70 m/s) est de l'ordre de 1,5 m/s² et les passagers éprouvent la sensation assez brusque de ce freinage.

Or les amortisseurs peuvent, dans l'état actuel de la réglementation faire ressentir une décélération de 15 à 20 fois plus grande !

Il semblerait que le ralentissement moyen devrait être limité, dans le cas d'occupation de la cabine par un seul passager, à 0,5 g.

Ce qui donnerait :

— pour une vitesse de 0,8 m/s, une course de :

$$\frac{(0{,}8 \times 1{,}15)^2}{2 \times 4{,}9} = 0{,}086 \text{ m}$$

— pour une vitesse de 1,00 m/s, une course de :

$$\frac{(1{,}00 \times 1{,}15)^2}{2 \times 4{,}9} = 0{,}15 \text{ m}$$

— pour une vitesse de 1,50 m/s, une course de :

$$\frac{(1{,}50 \times 1{,}15)^2}{2 \times 4{,}9} = 0{,}30 \text{ m}$$

Ces courses d'écrasement des amortisseurs conditionnent le choix du type. On trouve en effet actuellement deux types d'amortisseurs :

— les ressorts à boudin;

— les amortisseurs hydrauliques.

Le type d'amortisseur n'est pas imposé par la réglementation. Ce sont les

constructeurs qui, d'après leurs conceptions et leur genre de fabrication, déterminent cet élément.

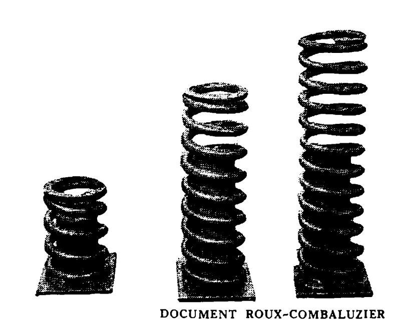
D'une manière générale, les conditions d'utilisation sont les suivantes :

— ressorts à boudin pour appareils de vitesses n'excédant pas 1,50 m/s;

— amortisseurs hydrauliques pour les vitesses supérieures.

1. — Amortisseurs à ressorts

Les amortisseurs à ressorts se composent de une ou plusieurs de ces pièces posées dans des logements cylindriques ou soudées sur un support.



DOCUMENT ROUX-COMBALUZIER

FIG. 42. — *Amortisseurs à ressort.*

Pour obtenir une course d'écrasement plus longue, deux ressorts peuvent être superposés. Le ressort lui-même est constitué par une spirale d'un rond d'acier à ressort de 12 à 16 mm de diamètre (fig. 42).

Ces pièces ont l'avantage d'être simples, sans nécessité d'entretien et d'un prix de revient bas. Leur utilisation est par contre limitée aux faibles et moyennes vitesses.

2. — Amortisseurs hydrauliques

Au-dessus de 1,50 m/s, il est nécessaire de disposer d'amortisseurs hydrauliques. En effet, la course d'écrasement devient importante, l'empilage de ressorts n'est plus réalisable dans de bonnes conditions, et surtout la forme de la courbe de l'écrasement de ceux-ci du deuxième degré est telle que la décélération n'est pas constante. Faible en début de course, sa valeur devient trop importante en fin d'écrasement et la notion physiologique de décélération moyenne n'a plus de sens.

Par contre les amortisseurs hydrauliques (fig. 43 et 45 *a*) sont construits de sorte que la décélération demeure constante pendant la plus grande partie

de la course de leur piston. En principe, ils se composent d'un piston ajusté dans un corps de pompe renfermant de l'huile, lui-même placé dans un réservoir. Le corps de pompe est percé de trous de diamètres différents



DOCUMENT STAHL

FIG. 43. — *Amortisseurs hydrauliques. De gauche à droite :*

— *vitesse* 4 *m/s; hauteur de l'amortisseur :* 2,30 *m environ,*
— *vitesse* 2,5 *m/s; hauteur de l'amortisseur :* 1 *m environ,*
— *vitesse* 2 *m/s; hauteur de l'amortisseur :* 0,75 *m environ,*
— *vitesse* 1,5 *m/s; hauteur de l'amortisseur :* 0,50 *m environ.*

suivant leur hauteur par rapport à sa base de sorte que, sous le poids de la cabine et de sa charge, le piston en s'enfonçant dans le cylindre du corps de pompe chasse l'huile dans le réservoir. Les trous étant de plus faible diamètre dans la partie basse ou plus nombreux au fur et à mesure de l'enfoncement, la pression devient de plus en plus forte à mesure que le piston s'enfonce. L'arrêt de la cabine s'effectue ainsi progressivement.

Lorsque la cabine a été dégagée, un ressort de rappel ramène le piston dans sa position initiale.

Pour les grandes vitesses, 2,50 à 4 m/s ou plus, les amortisseurs hydrauliques peuvent atteindre des dimensions impressionnantes de plusieurs mètres de hauteur (fig. 44). En effet, pour une vitesse de 4 m/s, la course correspond à une décélération de 0,5 g (5 m/s^2 environ) devrait être de :

$$\frac{(4 \times 1,15)^2}{2 \times 5} = 2,10 \text{ m}$$



FIG. 44. — *Vu en profondeur d'amortisseurs hydrauliques pour cabine et contrepoids pour un appareil de* 2 000 *kg à* 4,20 *m/s. Hauteur des amortisseurs :* 2,965 *m. Course:* 900 *mm. Poids du piston :* 78 *kg.*

valeur qui conduirait à un amortisseur de plus de 4 m de haut. En réalité, le problème de sensation lors du ralentissement est plus complexe et permet de réduire cette hauteur.

Comme les ressorts, les amortisseurs hydrauliques sont disposés en fond

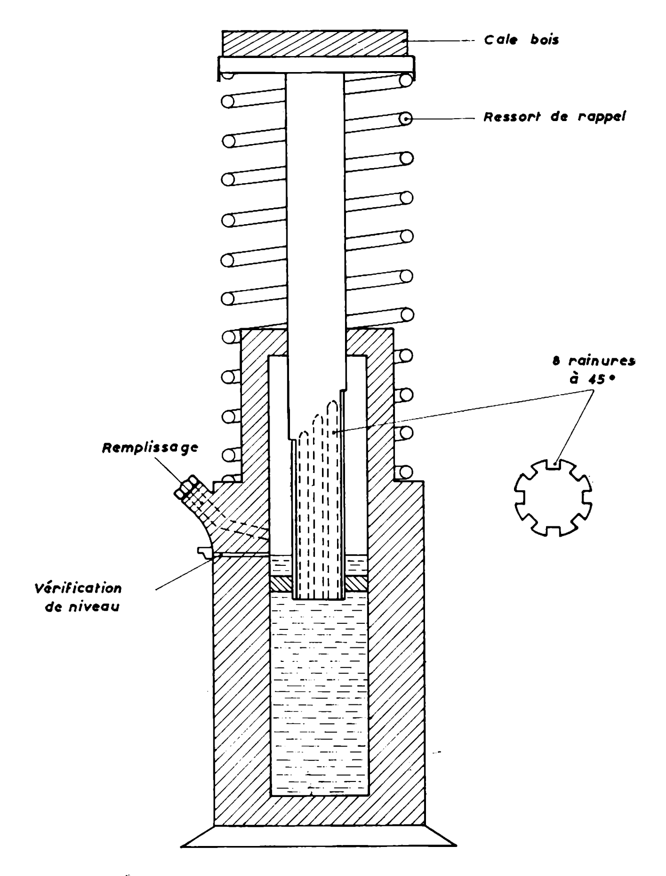


FIG. 45. — *Schéma de coupe d'amortisseur hydraulique.*

de cuvette, tenus par des tiges scellées dans le béton et reçoivent lors de leur fonctionnement une plaque de butée soudée sous la traverse inférieure de l'arcade.

F. — Came mobile ou lève-came

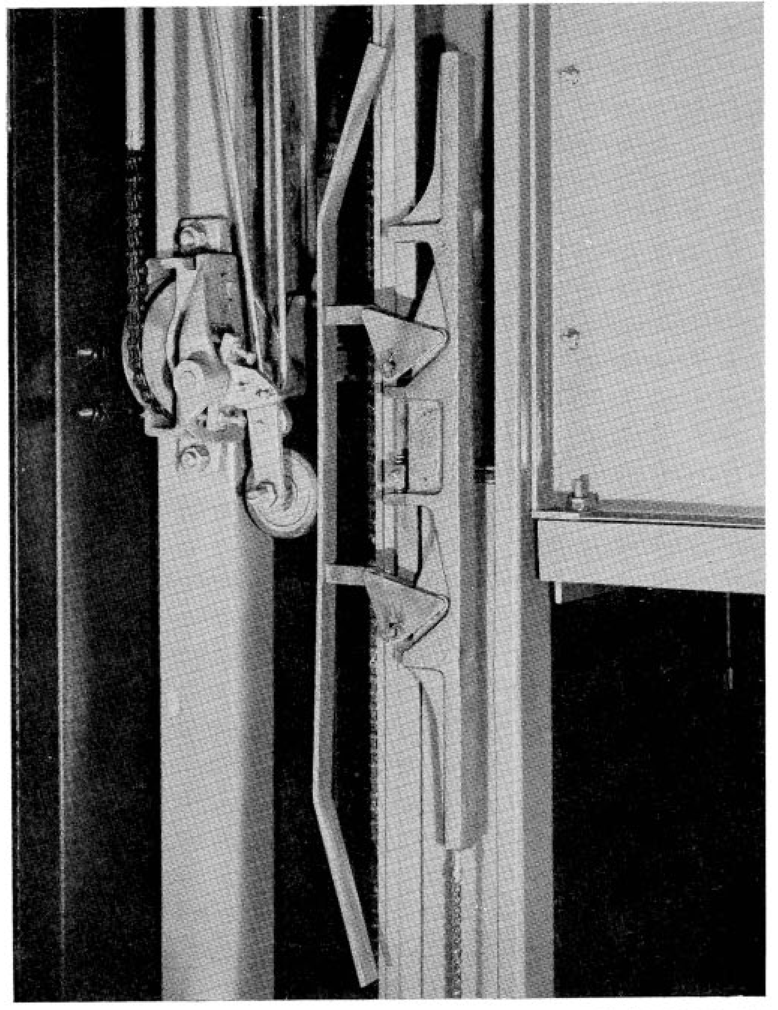
La came mobile ou lève-came est l'organe qui effectue automatiquement lors de l'arrêt à un étage le déverrouillage de la porte palière et qui, effacée

pendant la marche, permet la conservation du verrouillage des portes devant lesquelles passe la cabine.

La came mobile est donc l'auxiliaire de la serrure de la porte palière.

Son utilisation est cependant limitée aux appareils à portes à commande manuelle. Dans le cas des portes automatiques, le système de verrouillage est différent.

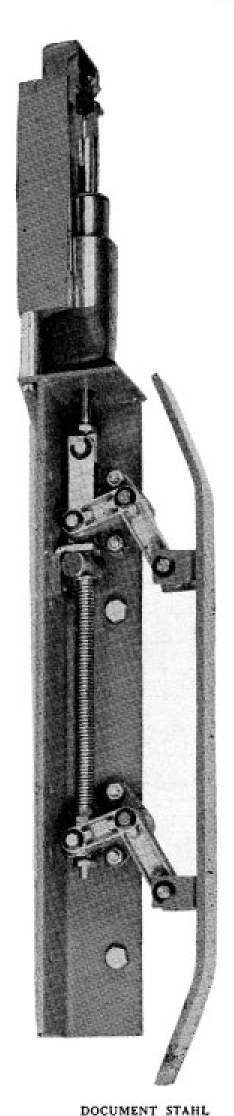
Elle est constituée par une came métallique de 30 cm environ de longueur, fixée directement sur un électro-aimant ou actionnée indirectement par ce dernier, tous deux placés sur la cabine. Dans le premier cas, l'ensemble



DOCUMENT ASCINTER-OTIS

FIG. 46. — *Came mobile indépendante de l'électro-aimant. La liaison entre eux est assurée par tringlerie.*

came-électro est situé à hauteur de la serrure, cabine à l'arrêt au niveau; dans le second, la came seule est dans cette position, l'électro étant fixé



DOCUMENT STAHL

FIG. 47. — *Came mobile d'électro-aimant formant un seul bloc.*

sur le toit de cabine, et ces deux éléments étant reliés entre eux par une chaîne ou une tringlerie (fig. 46 et 47).

Le fonctionnement de l'ensemble s'opère comme suit :

— *à l'arrêt*, l'électro-aimant n'étant pas sous tension, la came, au repos,

agit sur le levier à galet de serrure qui actionne le pène. Celui-ci est retiré, la porte est déverrouillée;

— *avant le départ de la cabine*, l'électro ayant été mis sous tension par le jeu des relais de l'appareillage électrique en machinerie après qu'un ordre ait été donné, retire la came. Celle-ci libère le pène dans sa gâche. La porte est verrouillée. Le départ s'effectue;

— *pendant la marche*, la came ainsi retractée n'entre pas en contact avec les galets des leviers. Les portes conservent leur verrouillage;

— *au moment d'un arrêt*, l'alimentation électrique de l'électro ayant été coupée, la came reprend sa position de repos et déverrouille la porte correspondante.

Son rôle est donc très important pour la marche de l'appareil.

G. — Portes

La porte est l'élément architectural de l'ascenseur. C'est la raison pour laquelle, pendant longtemps, la porte palière fit l'objet d'un lot séparé. On regrettera ces portes de ferronnerie, véritables œuvres d'art, caractéristiques d'un style et d'une époque, mais que des raisons impérieuses de sécurité ont fait abandonner. La porte, prenant ainsi de plus en plus corps avec l'appareil lui-même, fait actuellement partie intégrante de l'ascenseur. Et, effectivement, en raison de cette liaison intime de la porte et de la serrure, aucun modèle ne peut remplacer ceux qui sont spécialement étudiés par les maisons d'ascenseurs en fonction de leur propre matériel. Si des fabricants de portes indépendants existent, ils ne s'en sont pas moins inspirés des techniques des « ascenseuristes ».

Nous aborderons dans ce paragraphe l'étude de la constitution proprement dite des portes et des différents types que l'on rencontre. Mais la porte palière joue également un rôle important dans la sécurité. Cet aspect sera examiné dans le chapitre correspondant (chap. III).

La norme FD P 82 206 « Recommandations concernant les cabines, les portes de cabine et les portes palières », classe les portes en quatre catégories :

— battantes;

— extensibles;

— coulissant horizontalement;

— coulissant verticalement.

Nous retrouverons ces quatre types dans notre étude, mais pour celle-ci, nous adopterons une autre classification répondant aux portes des appareils modernes :

— portes à commande manuelle;

— portes à commande automatique.

1. — Portes à commande manuelle

La porte de cabine à commande manuelle est généralement abandonnée depuis l'apparition des appareils à paroi lisse (voir définitions hors norme). C'est d'ailleurs leur incommodité qui amena les constructeurs à rechercher un système qui supprimât la gêne des passagers, particulièrement, encombrés de colis, lorsqu'ils voulaient sortir de la cabine.

La porte à commande manuelle est donc, avant tout, dans l'état actuel de la technique, une porte palière.

On trouve les types suivants :

A) PORTE BATTANTE A UN VANTAIL (fig. 48 et 49)

C'est actuellement le type le plus utilisé en raison de ses qualités de robus tesse et de son bas prix de revient.

Elle est constituée par un coffrage en tôle d'acier de 15/10 de 50 à 60 mm d'épaisseur et par une huisserie adaptée de sorte que l'ensemble forme un tout inséparable.

L'ouverture de la porte est à commande manuelle, en poussant, mais la fermeture est automatique. Un ferme-porte logé dans la feuillure supérieure provoque son retour automatique en position fermée. Le ferme-porte soit à air, soit à huile (ce dernier plus délicat) est étudié pour que le début de fermeture soit rapide puis amorti et enfin pour que la porte soit complètement fermée, sans choc final.

La largeur la plus répandue est 0,70 m. Cependant, les portes à un vantail peuvent atteindre des passages libres de 1 m. Cette largeur n'est généralement pas dépassée car, au-delà, le fonctionnement devient incertain et peut être source de pannes de l'appareil. En effet, le ferme-porte doit être

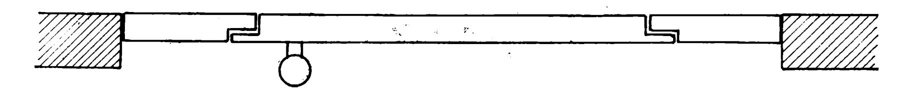
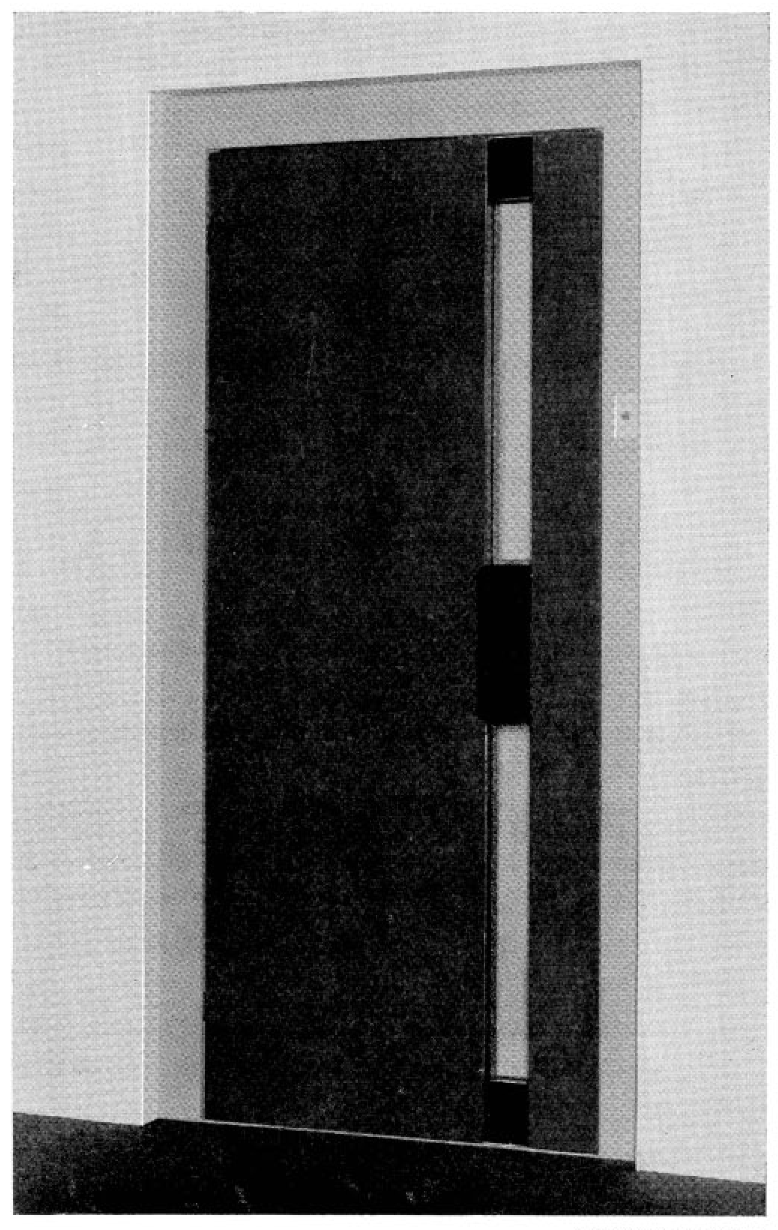


FIG. 48. — *Coupe d'une porte palière battante à un vantail.*

plus puissant et le constructeur doit alors réaliser un compromis entre une fermeture certaine et une ouverture qui ne soit pas pénible pour les usagers. Ce compromis est difficilement réalisable.

La largeur de 1 m n'est pas recommandable.



DOCUMENT ASCINTER-OTIS

FIG. 49. — *Porte palière battante semi-automatique de 0,70 m de passage libre.*

B) PORTE BATTANTE A DEUX VANTAUX (fig. 50)

Au-delà de cette dimension on utilise la porte battante à deux vantaux, mais on la trouve plus dans les monte-charge que dans les ascenseurs. En effet, le but de ces deux types d'appareils est différent. Ils répondent à des besoins sans rapport entre eux :

— l'ascenseur est destiné à des personnes pour lesquelles il représente



FIG. 50. — *Coupe d'une porte palière battante à deux vantaux.*

un moyen de transport anonyme comme l'autobus ou le métro et par là même ne ressort pas de leur préoccupation immédiate (si ce n'est, comme nous les verrons par la suite, en ce qui concerne le temps d'attente). De ce fait la porte demeure un objet sans signification au même titre que celle d'un magasin ou d'un café;

— le monte-charge est pour son utilisateur un instrument de travail. Son usager n'a pas le même comportement vis-à-vis de cet appareil que l'usager de l'ascenseur. Il prête attention à certains détails qui transforment peu à peu ses gestes en habitudes.

Et c'est ainsi que la porte d'un ascenseur peut être à ouverture manuelle. Car c'est une condition *sine qua non*, mais elle doit être à fermeture automatique, indépendante de l'intervention de l'usager. La porte d'un monte-charge peut être à ouverture et fermeture manuelles parce que son utilisateur pensera à assurer la fermeture.

La porte battante à deux vantaux peut être à fermeture automatique les deux vantaux formant en somme deux portes à un vantail, mais, et c'est là le point principal, ces deux vantaux ne peuvent avoir une feuillure de recouvrement et dans ces conditions ne répondent pas aux conditions de résistance au feu prévues par la NF P 82 201 (chap. III). C'est donc une disposition qu'il est préférable d'éliminer.

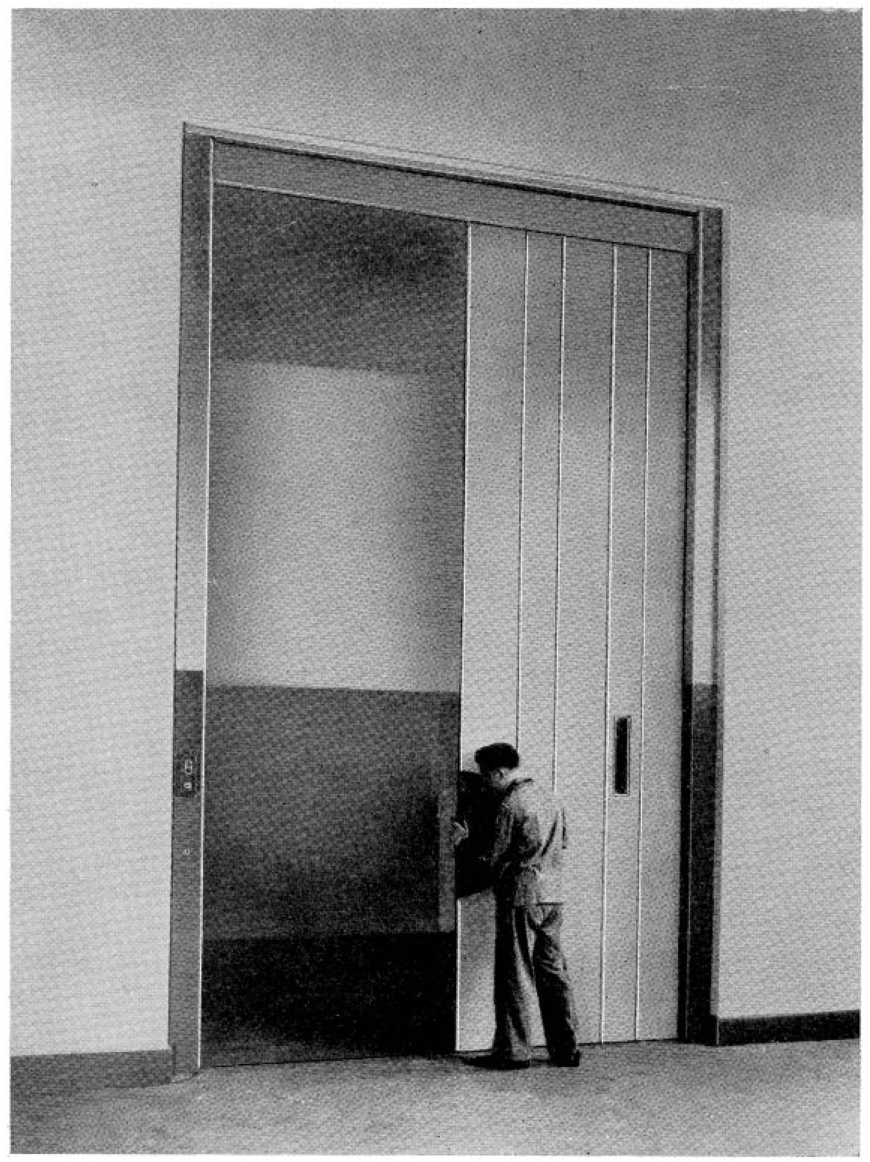
Ce type de porte doit en définitive être utilisé seulement avec une commande entièrement manuelle et, pour que la fermeture soit parfaitement réalisée, doit être muni d'une crémone ou autre moyen de maintien dans cette position. Ce dispositif reste, bien entendu, indépendant de la serrure ou des serrures (lorsque chaque vantail en est pourvu).

La taille de ce type de porte dépend alors uniquement des conditions d'utilisation du monte-charge et peut atteindre des dimensions importantes. Dans certains monte-charge destinés au transport de décors ou de statues dans les musées elles vont jusqu'à 4 m de hauteur. La porte à deux vantaux peut être utilisée en paroi lisse.

C) PORTE COULISSANTE A ÉLÉMENTS ARTICULÉS (fig. 51 et 52)

Cette porte est également une porte de monte-charge.

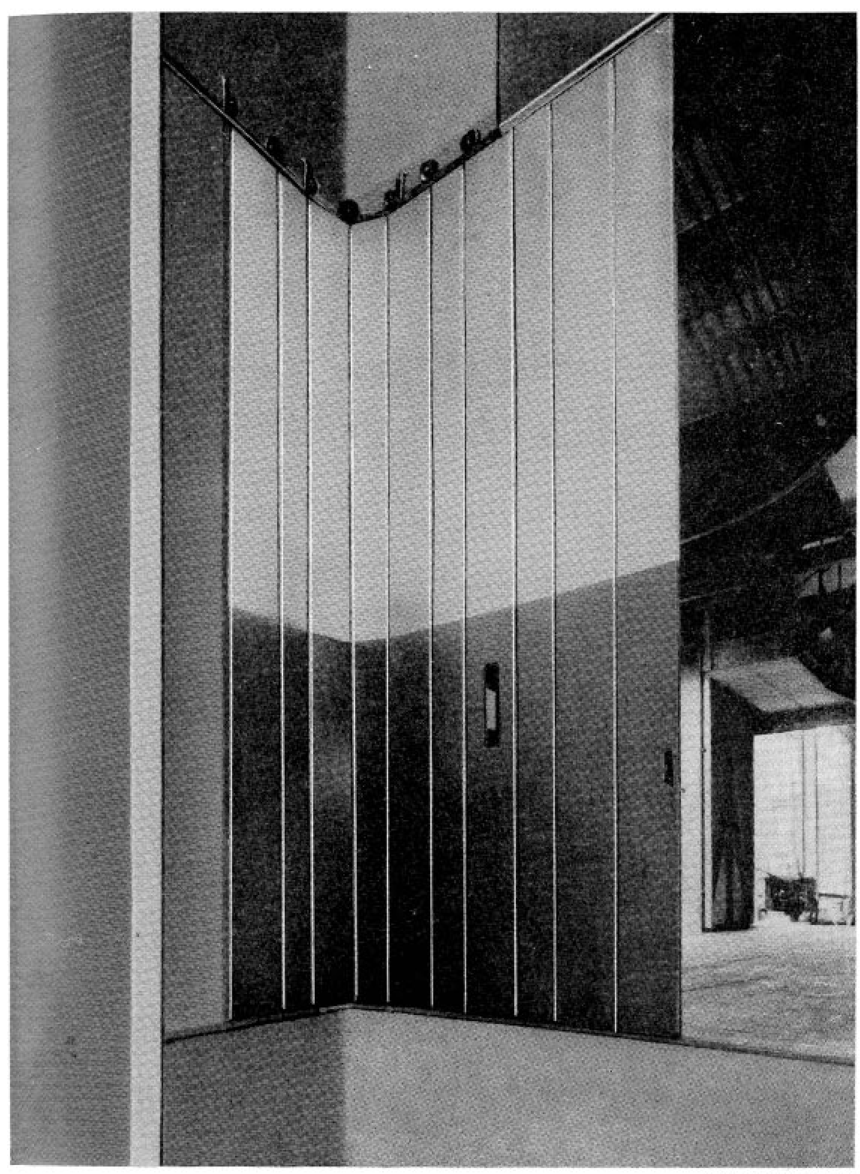
Elle se présente sous la forme d'un ensemble d'éléments juxtaposés,



DOCUMENT PEIGNEN

FIG. 51. — *Porte coulissante à éléments articulés s'effaçant dans la gaine, vue côté palier.*

reliés entre eux par un système d'articulation formant charnières. Chaque élément de 0,15 à 0,20 m de largeur est suspendu à un rail par un galet de nylon ou d'acier fixé sur un étrier. A la partie inférieure de chaque élément



DOCUMENT PEIGNEN

FIG. 52. — *Porte coulissante de la figure 51, vue côté gaine. Son installation nécessite des dispositions particulières de maçonnerie.*

un galet métallique à axe vertical le guide dans un rail inférieur formant rainure et scellé dans le plancher du palier.

L'ouverture et la fermeture s'effectuent en tirant à droite ou à gauche, et vice versa, l'ensemble de la porte dont les éléments entrent totalement dans la gaine.

Les dimensions de ce type de porte dépendent également des besoins de la manutention. Elles peuvent atteindre des largeurs et hauteurs importantes. Les monte-décors de l'O.R.T.F. aux anciens studios des Buttes-Chaumont à Paris sont pourvus de portes de 2,50 m à 3 m de hauteur sur 6 m de passage libre.

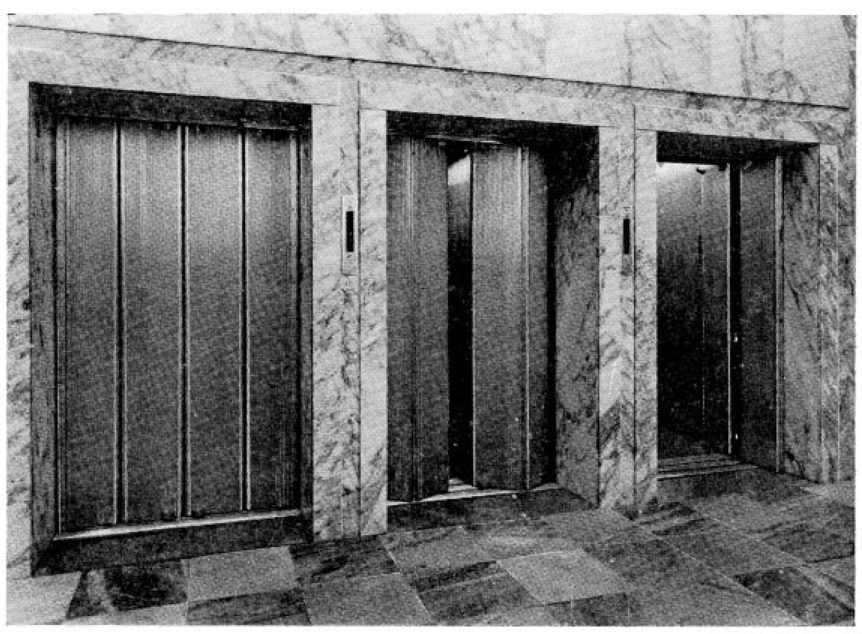
Ces portes présentent l'avantage de n'avoir besoin d'aucune surface disponible à l'extérieur de la gaine pour leur ouverture.

Par contre, elles sont nécessairement, en raison de leur système de construction, d'un prix de revient plus élevé que celui des portes battantes à deux vantaux.

Elles nécessitent également de prévoir une gaine un peu plus large pour permettre le coulissement des éléments sur le côté de celle-ci (fig. 44 et 124).

Cette porte peut être utilisée en paroi lisse.

D) PORTE LIVRE (fig. 53)



DOCUMENT FALCONI

FIG. 53. — *Porte livre dans les trois positions.*

Cette porte, que l'on rencontre assez peu en France, est par contre très utilisée à l'étranger.

Elle est constituée par des panneaux de 0,40 m de largeur environ articulés entre eux et dont le fonctionnement s'effectue comme un zig-zag extensible. Elle est généralement à ouverture centrale, les deux ensembles de panneaux étant symétriques.

Elle possède ainsi l'avantage de la porte coulissante par la surface au sol du paquet d'éléments empilés lors de l'ouverture qui est négligeable et, d'autre part, nécessite la largeur minimum de gaine.

Leur prix de revient est également plus important que celui de la porte battante.

Suivant les dispositions prises pour sa fabrication, cette porte peut être utilisée en paroi lisse.

E) PORTE COULISSANTE A OUVERTURE CENTRALE

Les portes coulissantes à ouverture centrale sont de deux types :

— soit à deux panneaux ;

— soit à quatre panneaux télescopiques deux à deux.

Lorsqu'elles sont manuelles, ces portes doivent l'être complètement, c'est-à-dire aussi bien pour leur fermeture que pour leur ouverture. En effet, afin que dans ce cas la fermeture automatique s'effectue dans de bonnes conditions, il faut, lors de l'ouverture, emmagasiner une énergie (dans un ressort, par exemple, ou tout autre système) trop importante, le geste latéral que doit alors effectuer l'usager étant relativement pénible.

Les portes à deux panneaux sont utilisées pour des largeurs de passage de 1 m maximum; chaque panneau doit en effet coulisser dans la gaine parallèlement à la face avant de celle-ci de sorte que sa largeur est au minimum le double de celle de la porte.

Les portes à deux panneaux peuvent se monter en paroi lisse.

Les portes à panneaux télescopiques à ouverture centrale sont constituées par quatre panneaux montés de sorte que les deux panneaux centraux actionnés en même temps que les panneaux extrêmes se déplacent à une vitesse double. Dans ces conditions, en fin d'ouverture, les panneaux sont effacés l'un à côté de l'autre et occupent donc leur unique longueur. La largeur de la gaine est alors de l'ordre de une fois et demie la largeur de la porte.

Cet intérêt est malheureusement diminué du fait que les panneaux circulant sur des rails parallèles indépendants se trouvent donc dans deux plans verticaux différents. La porte ne peut être utilisée en paroi lisse. La cabine doit être également pourvue d'une porte. Les portes coulissantes ci-dessus sont surtout utilisées en portes automatiques électriques.

F) PORTES EXTENSIBLES

Les portes extensibles ou grilles extensibles, qui étaient surtout utilisées au cours des dernières années pour les monte-charge, sont en voie de disparition.

La norme NF P 82 201, par son article 2 1321, en limite actuellement l'emploi :

— aux appareils destinés au transport des charges (accompagnés ou non);

— aux appareils spécialisés dans le transport des personnes qui sont installés dans des bâtiments anciens.

Leur espace libre entre montants ne doit pas dépasser 0,075 m (7,5 cm); de plus, elles doivent être munies en partie basse et sur une hauteur de 0,10 m (10 cm) d'un dispositif ramenant cette ouverture libre à 3 cm maximum.

On voit donc le luxe de précautions dont s'entoure le règlement pour assurer le maximum de sécurité : éviter l'introduction du bras ou du pied entre les montants de la grille.

Il semble que la porte extensible soit prochainement complètement condamnée, même pour les monte-charge.

Elle présente d'ailleurs d'autres inconvénients :

— le paquet formé par les montants de grille occupe une place gênante sur le côté de la baie palière et diminue le passage libre de la cabine;

— la cabine doit être pourvue d'une porte;

— son entretien est délicat;

— son usure rapide en raison du nombre important d'articulations;

— elle donne à la gaine la structure d'une cheminée d'appel d'air et présente ainsi un danger réel en cas d'incendie.

Son prix de revient, compte tenu du fait qu'elle ne peut être utilisée en paroi lisse et doit être doublée d'une grille de cabine, est de l'ordre de celui des portes coulissantes articulées sans en posséder les avantages.

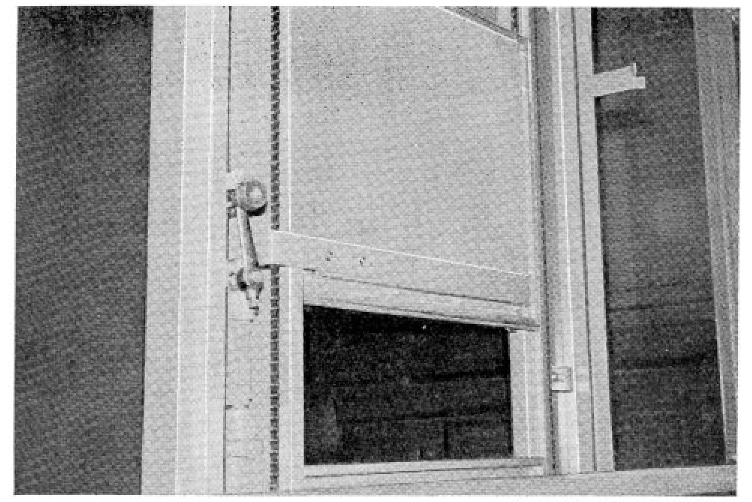
Ce sont les raisons pour lesquelles cette porte n'est plus à conseiller et a été supplantée par les autres types.

G) PORTES COULISSANT VERTICALEMENT DITES PORTES A GUILLOTINE (fig. 54 et 55)

Ces portes sont constituées par deux panneaux s'équilibrant mutuellement dont l'un monte pendant que l'autre descend.

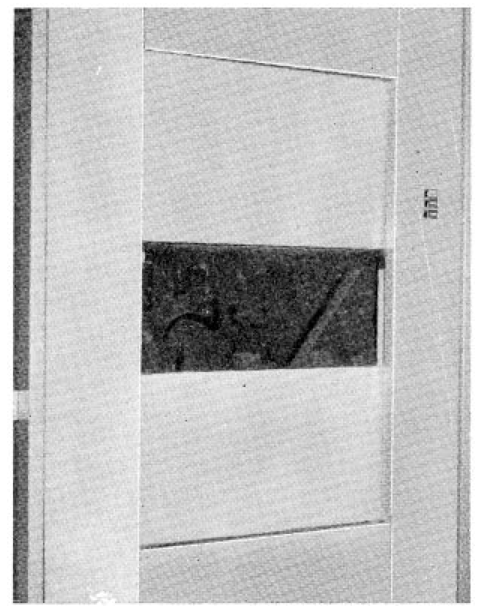
Leur suspension est réalisée soit par câbles d'acier soit par chaînes Galle.

Ce type de porte n'est plus guère utilisé que pour les petits monte-charge



DOCUMENT ROUX-COMBALUZIER

FIG. 54. — *Vue de la suspension de porte à guillotine.*



DOCUMENT ROUX-COMBALUZIER

FIG. 55. — *Porte à guillotine de petit monte-charge.*

dont le service est effectué à 0,70 m environ du sol : monte-dossiers, monte-livres, monte-pharmacie, etc.

Il a l'avantage de laisser le maximum de dégagement en largeur.

2. — Portes à commande automatique

Il y a quelques années, les portes à commande automatique étaient encore l'exception en France, alors qu'aux États-Unis, Canada, Amérique latine, Italie, elles étaient couramment utilisées. En effet, le système de l'ascenseur à paroi lisse adopté en France dès l'après-guerre avait plutôt conduit les constructeurs à la réalisation de la porte battante à un vantail pour l'ascenseur courant des immeubles d'habitation, tandis que d'autres pays où la paroi lisse n'est pas admise par la réglementation étudiaient et réalisaient des portes électriques simples et les fabriquaient en série pour diminuer leur prix de revient.

Lorsque la commande des portes est automatique, les cabines sont généralement dotées de portes. L'entraînement de la porte palière est effectué par la porte de cabine, cette dernière étant elle-même entraînée par l'opérateur de porte.

Les vantaux des portes palières sont rendus solidaires dans leur mouvement grâce à un dispositif de chaînes Galle ou de courroies crantées de sorte que le déplacement de l'un d'eux provoque le même déplacement de l'autre. En effet, l'un des vantaux de la porte cabine comporte une came (appelée « sabre » en raison de sa forme rectiligne) qui agit sur un dispositif à galets fixé sur les vantaux de la porte palière. Lorsque la cabine arrive à l'étage, le sabre, descendu verticalement, se trouve contre le galet de la porte palière.

L'ouverture de la porte cabine provoque ainsi celle de la porte palière. Pendant l'ouverture, un ressort ou des sandows sont bandés qui permettent, lorsque la porte cabine est refermée par l'opérateur, le retour en position fermée de la porte palière.

Le problème de l'entraînement est complexe car les sujétions sont nombreuses. Une porte doit en effet posséder des qualités de rapidité d'ouverture et de fermeture (le débit de l'appareil en dépend principalement comme nous le verrons), de souplesse et de silence (pour le standing), de robustesse, mais sans pour cela excéder une énergie cinétique de 10 joules. D'autre part, et cela est le plus important, elle doit présenter un certain degré de résistance au feu, et répondre aux sécurités exigées par la réglementation.

Pour satisfaire à ces obligations, les constructeurs ont réalisé des dispositifs ingénieux. Nous ne parlerons dans ce chapitre que de l'entraînement lui-même en réservant le problème des sécurités (chap. III).

Les opérateurs de porte sont actuellement de conceptions assez différentes qui nécessitent de la part des monteurs ascenseuristes des soins particuliers.

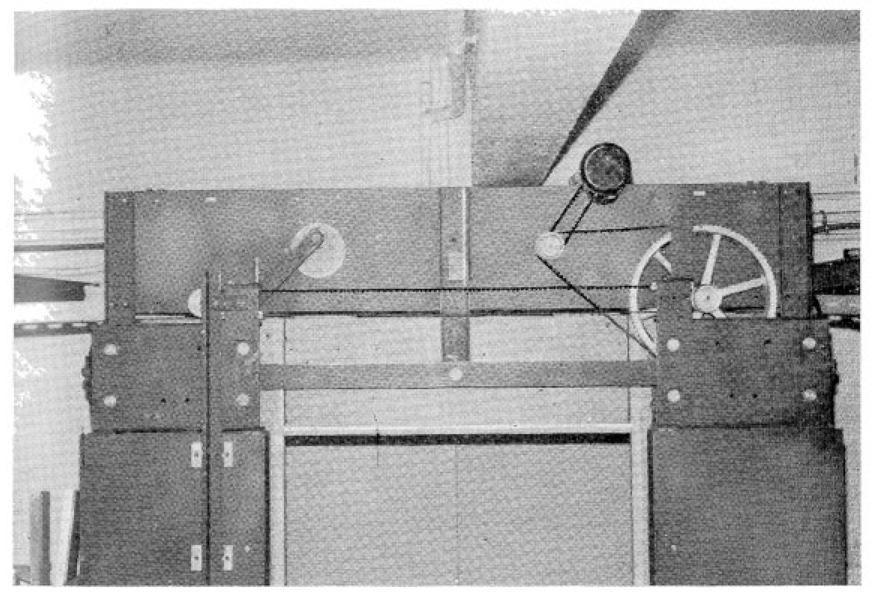
Nous examinerons en premier lieu les opérateurs de porte à commande électromécanique. Le mouvement est donné par un moteur électrique à assez faible vitesse, à courant continu ou à courant alternatif, suivant le type d'opérateur et suivant le constructeur.

La porte doit, particulièrement en fin de fermeture, être ralentie de sorte que nul choc ne se produise dont la répétition provoquerait à la longue une dislocation certaine.

Le moteur à courant continu permet, par sa nature même, d'effectuer directement ce ralentissement mais, lorsque le moteur à courant alternatif est utilisé, une came de forme étudiée ou la cinématique même des pièces d'entraînement réalise ce que ce moteur ne saurait effectuer qu'au prix de trop grandes complications techniques, est utilisée.

Les systèmes d'entraînement des vantaux actionnés par le moteur, sont de deux types :

— *la transmission par câbles, chaînes ou courroies crantées* (fig. 56). Ceux-ci sont directement fixés aux vantaux de la porte-cabine et par un jeu de poulies provoquent leur mouvement latéral. L'entraînement s'effectue donc, dans ce dispositif, par la partie supérieure de la porte et souvent on constate un léger gauchissement, le haut de la porte étant décalé par rapport au bas. Pour éviter ce défaut, certains constructeurs disposent un contre-



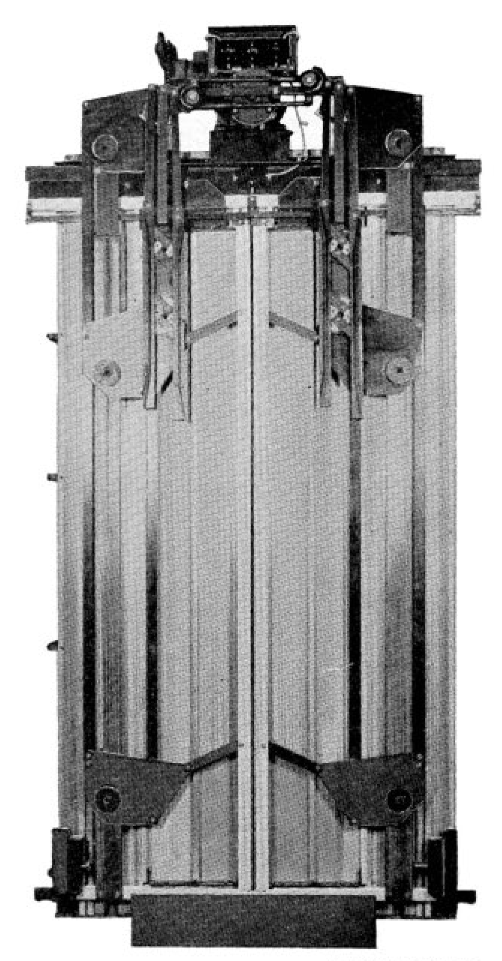
DOCUMENT ROUX-COMBALUZIER

FIG. 56. — *Opérateur de porte à transmission par courroies crantées.*

galet qui s'oppose au soulèvement du vantail, car les vantaux sont suspendus au rail par les galets de roulement;

— *la transmission par bras* (fig. 57). Chaque vantail est supporté par un ensemble de bras articulés dont la cinématique a été bien entendu réalisée pour que les vantaux se déplacent parallèlement à eux-mêmes. Ceux-ci sont également guidés, mais seulement dans le sens longitudinal

de la cabine, c'est-à-dire perpendiculairement à leur déplacement. Ils sont portés par les bras de l'opérateur pendant tout leur mouvement. L'ensemble



DO.UMENT FALCONI

FIG. 57. — *Ouverture de porte à ouverture centrale à fonctionnement pantographique.*

possède une unité qui lui confère une grande souplesse de fonctionnement et une grande rigidité.

Ce système est en général plus silencieux. En effet, les pièces en mouvement qui rendent les vantaux solidaires de la cabine sont articulés sur des axes. Les frottements ou roulements sont particulièrement réduits, contrairement au dispositif précédent, et les jeux et vibrations sont pratiquement éliminés.

Les opérateurs de porte à commande électromécanique décrits ci-dessus présentent l'avantage de n'utiliser qu'un seul moteur situé sur la cabine.

En second lieu les opérateurs de porte peuvent être à commande électro-pneumatique. Ces types d'opérateur sont actuellement utilisés avec les portes battantes de 0,70 m de largeur et les portes coulissantes à éléments articulés, seulement. Les opérateurs sont constitués par de petits vérins pneumatiques munis de dispositifs à échappement permettant une diminution de la vitesse en fin de fermeture.

L'air comprimé est fourni soit par le réseau urbain lorsqu'il existe, soit par un compresseur placé en général dans la machinerie.

Le réseau de distribution de l'air comprimé aux vérins est constitué par des tubes de nylon fixés dans la gaine.

3. — Revêtements esthétiques

Les portes peuvent, en principe, posséder les mêmes revêtements esthétiques que ceux des cabines (compte tenu toutefois, comme nous le verrons avec la paroi lisse, que dans ce cas, porte et cabine doivent être de couleurs différentes). Mais il faut cependant distinguer, d'une part, les portes coulissantes à ouverture centrale ou latérale et, d'autre part, les portes battantes. Leurs constructions étant essentiellement différentes les font se distinguer par la possibilité ou l'impossibilité de les habiller de tel ou tel revêtement.

Les portes coulissantes peuvent en général accepter tous les habillages : lamifiés, plastifiés, peintures glycérophtalique ou cellulosique, peintures séchées au four ou cuites au four, constitution en acier inox, etc. et les remarques faites à propos des cabines demeurent valables.

Par contre les portes battantes imposent certaines interdictions. Le battant

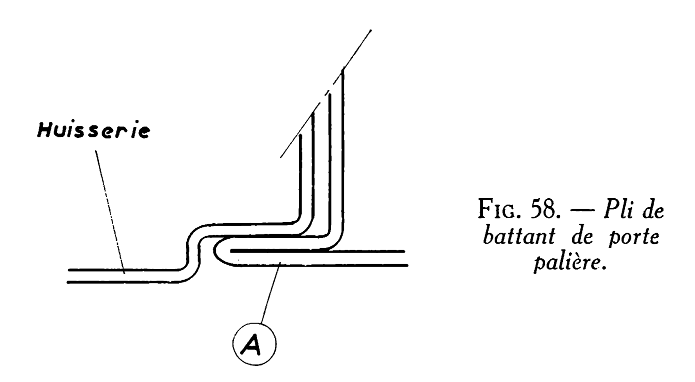


FIG. 58. — *Pli de battant de porte palière.*

comporte toujours une feuillure réalisée à la presse (fig. 58). Le pli A permet d'accepter seulement les peintures. Les autres revêtements ne sont pas recom-

mandables dans l'état actuel des techniques. On constate rapidement des usures ou des décollages des éléments rapportés.

H. — Organes d'arrêt

Les organes d'arrêt aux étages sont suivant les constructeurs, placés dans la gaine ou dans la machinerie.

1. — Vitesses jusqu'à 0,80 m/s

— En général, pour les vitesses jusqu'à 0,80 m/s, c'est-à-dire pour l'ascenseur classique d'immeuble 225, 300 ou 525 kg, le dispositif d'arrêt à l'étage est constitué :

— à chaque niveau par un interrupteur appelé en terme de métier « basculeur » ou « orienteur ». Cet appareil électromécanique possède trois positions : deux positions actives destinées à orienter le courant électrique de commande vers le haut ou le bas suivant la position de l'ascenseur; une position repos qui crée l'arrêt au niveau considéré.

Les orienteurs sont fixés sur l'un des guidages à l'aide de supports réglables. Leur mouvement de basculement s'effectue par un levier portant à son extrémité un galet de caoutchouc;

— sur la cabine, par une came à glissière rappelant la forme d'un S allongé. Au passage à chaque niveau la came attaque le galet de l'orienteur et provoque son basculement d'un côté ou de l'autre en établissant et coupant simultanément les contacts électriques de cet appareil.

Il se produit donc un léger choc à chaque passage; c'est la raison pour laquelle les constructeurs limitent à 0,80 m/s l'emploi de ce dispositif, d'une part pour éviter le bruit qu'ils provoquent et, d'autre part, pour des questions de tenue du matériel dans le temps.

2. — Vitesses supérieures à 0,80 m/s

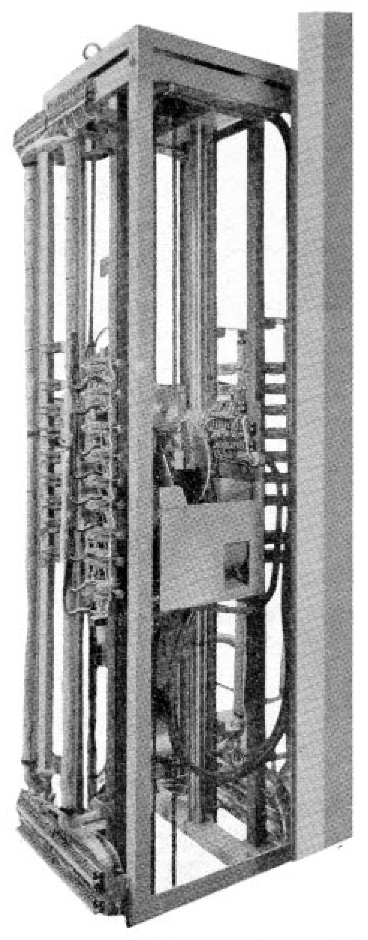
Pour les vitesses supérieures à 0,80 m/s deux techniques ont cours :

A) DISPOSITIF CONSISTANT A ASSURER UNE LIAISON DIRECTE ENTRE LA CABINE ET L'ORGANE D'ARRÊTS

L'appareil alors utilisé est appelé « distributeur » ou « sélecteur » d'étages (fig. 59). Il se situe en machinerie. C'est le premier dispositif auquel les constructeurs ont pensé et il est encore utilisé de nos jours car, quoique

d'une réalisation mécanique assez précise et coûteuse, il possède les qualités de sûreté, de fidélité et de robustesse que nécessite sa fonction.

Le distributeur est en effet une répétition en miniature de l'ascenseur,



DOCUMENT ROUX-COMBALUZIER

FIG. 59. — *Sélecteur d'étages.*

transposée dans la machinerie. Il est constitué par une vis verticale ou horizontale sur laquelle se déplace un chariot, simple représentation de l'ascenseur. Le chariot provoque l'ouverture ou la fermeture de contacts électriques dont le rôle est identique à celui des orienteurs précédents.

La vis est entraînée par un système de démultiplication avec poulie. La poulie suit le mouvement de l'ascenseur grâce à un câble ou à un ruban

d'acier qui passe dans sa gorge et qui est fixé à la cabine. Une poulie de renvoi est située à la partie inférieure de la gaine, le ruban étant ainsi sans fin.

Lorsqu'il est mis en place, le distributeur est indéréglable.

Cependant, cet appareil est limité quant à sa précision pour les grandes vitesses car le jeu qui ne manque pas de se créer au bout d'un certain temps peut influer sur la précision d'arrêt de l'ascenseur et est souvent doublé d'organes de ralentissement placés directement dans la gaine.

B) DISPOSITIF A IMPULSIONS

Ce dispositif réside dans un ou plusieurs appareils essentiellement électriques, appelés impulseurs, placés sur le bord du toit de la cabine. Ces appareils sont destinés, au moment où la cabine passe à un étage, à envoyer une impulsion électrique à un ensemble de relais montés en compteur-décompteur, ensemble appelé également « sélecteur ».

Les impulsions électriques prennent naissance dans un impulseur lorsque celui-ci est mis en présence, à chaque étage, d'une plaque métallique (de 20 ou 30 cm de hauteur sur 10 cm de largeur) fixée au guide par un support réglable, appelée « drapeau » ou « plaque » d'impulsion.

Les impulseurs sont parfois constitués par un aimant permanent et un contact électrique séparés par un intervalle de 20 ou 30 mm. Le contact est influencé par le champ magnétique de l'aimant. La traversée, dans l'intervalle, de la plaque d'impulsion provoque une modification des lignes de force du champ et par la même une action du contact (ouverture ou fermeture, suivant le schéma, c'est-à-dire manque d'impulsion ou impulsion, peu importe, le seul fait intéressant étant le changement d'état du circuit).

Le « sélecteur à relais » est alors dans l'armoire d'appareillage en machinerie.

Comme tout système à impulsions, celui-ci est sujet à erreurs, mais leur probabilité est très faible et pour les annuler, au cas où elles se produiraient, les constructeurs prévoient à chaque extrémité de la course un simple interrupteur qui effectue le « recalage » du compteur.

On note également un défaut accessoire, mais qu'il convient de signaler : dans l'état actuel de cette technique, plus avancée que celle du distributeur, en cas de coupure de courant le compteur ne conserve pas la mémoire de sa position. Lorsque le courant est rétabli, automatiquement l'appareil est envoyé sur l'un des interrupteurs de recalage en bout de course.

Par contre, ce système présente des qualités intéressantes de fidélité, de précision. Ce dispositif de sélection est indéréglable et sa précision est parfaite quelle que soit la vitesse. C'est la position donnée une fois pour toutes au « drapeau » qui détermine la distance d'arrêt. Il ne nécessite d'autre part aucun entretien.

Comme nous le verrons par la suite (chap. V) les organes d'arrêt ci-dessus provoquent l'arrêt proprement dit de la cabine lorsque les ascen-

seurs, ou monte-charge, sont actionnés par moteurs à une seule vitesse et provoquent le ralentissement lorsque l'appareil est muni d'un dispositif de nivelage. C'est alors un autre contact du distributeur, ou une autre plaque, qui détermine l'arrêt.

I. — Autres organes situés dans la gaine

Ces autres organes sont tout d'abord le parachute et les serrures; mais ces deux organes ont un fonctionnement lié directement aux sécurités, ils seront étudiés en détail du chapitre III.

On trouve également dans la gaine les organes ci-après :

A) POULIE DE TENSION DU CABLE DU RÉGULATEUR

Cette poulie est montée sur un levier muni d'un poids pour maintenir

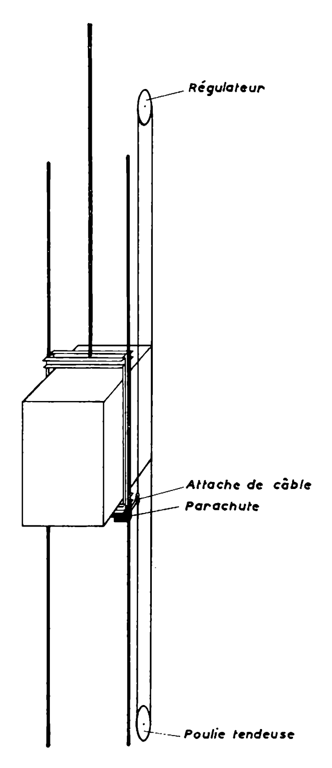


FIG. 60. — *Schéma d'installation du régulateur de vitesse.*

tendu le câble du régulateur placé en machinerie et dont nous étudierons le rôle ci-après. Le levier de la poulie est fixé par support au bas de l'un des

guides. Les deux extrémités du câble d'entraînement du régulateur, en acier multibrins de 8 mm de diamètre environ, sont fixées au parachute de cabine. Ce câble passe dans la gorge de la roue du régulateur et dans celle de la poulie de tension (fig. 60).

B) CABLES OU CHAINES DE COMPENSATION

Lorsque la course de l'appareil dépasse 30 m environ, des câbles ou chaînes sont fixés sous la cabine et le contrepoids; ils pendent jusqu'au sol lorsqu'il s'agit de chaînes ou bien passent sous une poulie pour les câbles. Leur rôle est de compenser le déséquilibre provoqué par le poids des câbles de suspente lorsque la cabine ou le contrepoids se trouve au-delà de la mi-course. Il ne faut pas perdre de vue, en effet, que les appareils étant équilibrés pour la demi-charge, le déséquilibre du poids des câbles est donc multiplié par 2. L'incidence de cette force est donc importante pour les grandes courses et il est préférable et plus rationnel de la compenser plutôt que de prévoir un moteur plus puissant.

C) PENDENTIF

On appelle « pendentif » le câble électrique souple qui effectue la liaison entre les commandes et sécurités de cabine et l'appareillage de contrôle en machinerie.

Ces câbles, de fabrication spéciale pour éviter torsion, emmêlement (lorsque plusieurs sont disposés parallèlement), balancement (lors des arrêts brusques ou des démarrages), doivent répondre à la norme française NC C 32 191.

Trois séries sont utilisées :

a) *la série A.R.T.* constitué par des fils de cuivre multibrins isolés par une enveloppe de caoutchouc vulcanisé et une tresse individuelle en textile de couleurs différentes, l'ensemble câblé autour d'un bourrage central en textile qui doit supporter le câble. Cet assemblage est maintenu et protégé par un ruban en toile caoutchoutée et une tresse en fils glacés.

La série A.R.T. est la plus communément utilisée en France;

b) *la série A.R.C.* avec gaine extérieure en caoutchouc naturel vulcanisé;

c) *la série A.R.N.* avec gaine extérieure en caoutchouc synthétique souple.

Les séries A.R.C. et A.R.N. sont prévues dans les installations extérieures pour les milieux humides, pour les atmosphères explosives ou marines.

Les pendentifs des séries A.R.T., montés avec des diamètres de boucle de 0,50 m minimum, peuvent avoir une durée de vie supérieure à dix ans.

Pour les longues courses (supérieures à 50 m) et les vitesses supérieures à 2,50 m/s, il est préférable d'utiliser des câbles spécialement étudiés dont l'âme centrale est constituée par un filin d'acier galvanisé.

Un nouveau câble fait une récente apparition sur le marché, câble ressor-

tant de techniques nouvelles; il s'agit de l'Arenyl dont les conducteurs ont des sections de 0,6 ou 0,75 mm² au choix du constructeur (fig. 61).

Ces câbles sont constitués par des conducteurs souples formés de brins



FIG. 61. — *Pendentif.*

en cuivre rouge assemblés sous un ruban séparateur, enfermés dans une enveloppe isolante en caoutchouc vulcanisé, elle-même prise dans une gaine nylon.

Les conducteurs sont câblés autour d'un bourrage central porteur en textile, comme les séries utilisées jusqu'alors, de façon à former un assemblage cylindrique.

Sur cet assemblage on trouve un ruban hydrofuge en toile caoutchoutée et une tresse en fibre hydrofuge et ignifuge.

Les conducteurs sont repérés par numéros imprimés en chiffres et lettres sur les enveloppes.

L'innovation dans ce câble est surtout l'isolation des conducteurs par une gaine nylon qui facilite le glissement entre eux.

Des essais ont permis d'apprécier sa résistance à l'humidité et aux moisissures et à la propagation de la flamme grâce à une imprégnation des fibres constituant la tresse.

III. — Constituants en machinerie

A. — *Treuil* (*fig. 62*)

Le treuil entraîne cabine et contrepoids dans leur mouvement.

Nous ne décrirons ici que les treuils à adhérence. Les treuils à tambour sur lequel les câbles s'enroulent en spirale ne sont plus utilisés que lorsque, dans des bâtiments anciens, il n'est pas possible de disposer un contrepoids.

Le treuil est composé des organes suivants (fig. 63) :

— le réducteur;
— le frein;
— le moteur;
— la poulie d'adhérence;
— le contre-palier, s'il existe.

Généralement, ces divers organes sont montés sur un bâti unique indéformable, soit en profilés d'acier soudés et usinés sur les faces supérieure et inférieure du socle, soit en fonte. Le treuil forme alors un ensemble monobloc et cela est nécessaire pour éviter les déformations même les plus faibles dues aux contraintes auxquels il est soumis.

1. — Réducteur

Le réducteur est un couple formé d'une vis sans fin en acier au chrome de très haute résistance et d'une roue hélicoïdale. La couronne hélicoïdale en bronze phosphoreux est montée sur un centre à chaud. L'effet de contraction du métal bloque la couronne sur ce centre. Une ou plusieurs clavettes assurent l'impossibilité de glissement de l'une sur l'autre.

La vis sans fin est usinée dans la masse du métal avec une très grande précision et subit une cémentation après taillage.

L'assemblage roue hélicoïdale-vis sans fin est effectué avec tolérances de l'ordre du 1/100 de mm. Des problèmes technologiques de centrage de

la vis sur les dents de la roue et de mise en friction, se posent aux constructeurs et font du treuil d'ascenseurs une fabrication spéciale pour obtenir un ensemble exempt de bruit et de vibrations.

Le bruit s'apprécie encore de façon assez empirique, mais l'expérience des constructeurs est telle qu'elle peut, dans ce domaine, se passer d'instrument de mesure. Les vibrations font par contre l'objet de vérifications individuelles à l'aide de vibromètres et certains constructeurs n'hésitent pas à refouler au stade de l'essai en usine des treuils dont l'amplitude des vibrations excède 4 microns sur la butée. Comme vibrations et bruit sont liés, les résultats pour ces deux qualités arrivent ainsi à être excellents.

La vis sans fin est montée côté moteur sur un palier lisse en bronze et côté opposé sur une butée à billes à double effet.

Le couple est lubrifié par barbotage dans une huile spéciale.

En raison de la vitesse de rotation élevée des moteurs électriques, les couples ont des rapports de réduction assez élevés, se situant entre 1/25 et 1/60.

Les vis sans fin peuvent être à un, deux, trois, et parfois quatre filets pour les appareils rapides. La vis à un filet est pratiquement irréversible. La réversibilité commence avec deux filets. Cette dernière donne toute son importance au frein, car, l'appareil étant toujours en déséquilibre, à l'arrêt, celui-ci doit assurer le maintien de l'ensemble.

2. — Frein monté à la sortie du réducteur

Il est généralement constitué par deux mâchoires articulées, garnies de férodo, qui viennent serrer un tambour calé sur l'arbre même de la vis sans fin, sans accouplement intermédiaire pour des raisons de sécurité.

Le serrage des mâchoires est réalisé par ressorts dont la tension est réglable. Le défreinage est effectué par un électro-aimant qui, lorsqu'il est mis sous tension, écarte les mâchoires et libère le tambour de frein.

L'électro-aimant est actuellement presque toujours alimenté par courant redressé pour éviter le ronflement caractéristique d'un circuit magnétique sous l'effet du courant alternatif. Le redresseur de courant est placé dans l'armoire d'appareillage.

3. — Moteur

Le moteur est uni à l'arbre de la vis, après le tambour de frein, par un accouplement.

Ici, plusieurs techniques ont cours, l'accouplement étant :
— *soit rigide :* le moteur et l'arbre du réducteur sont rendus solidaires par l'emploi de deux plateaux clavetés sur les arbres et vissés l'un à l'autre de sorte qu'aucun mouvement relatif du moteur par rapport au réducteur

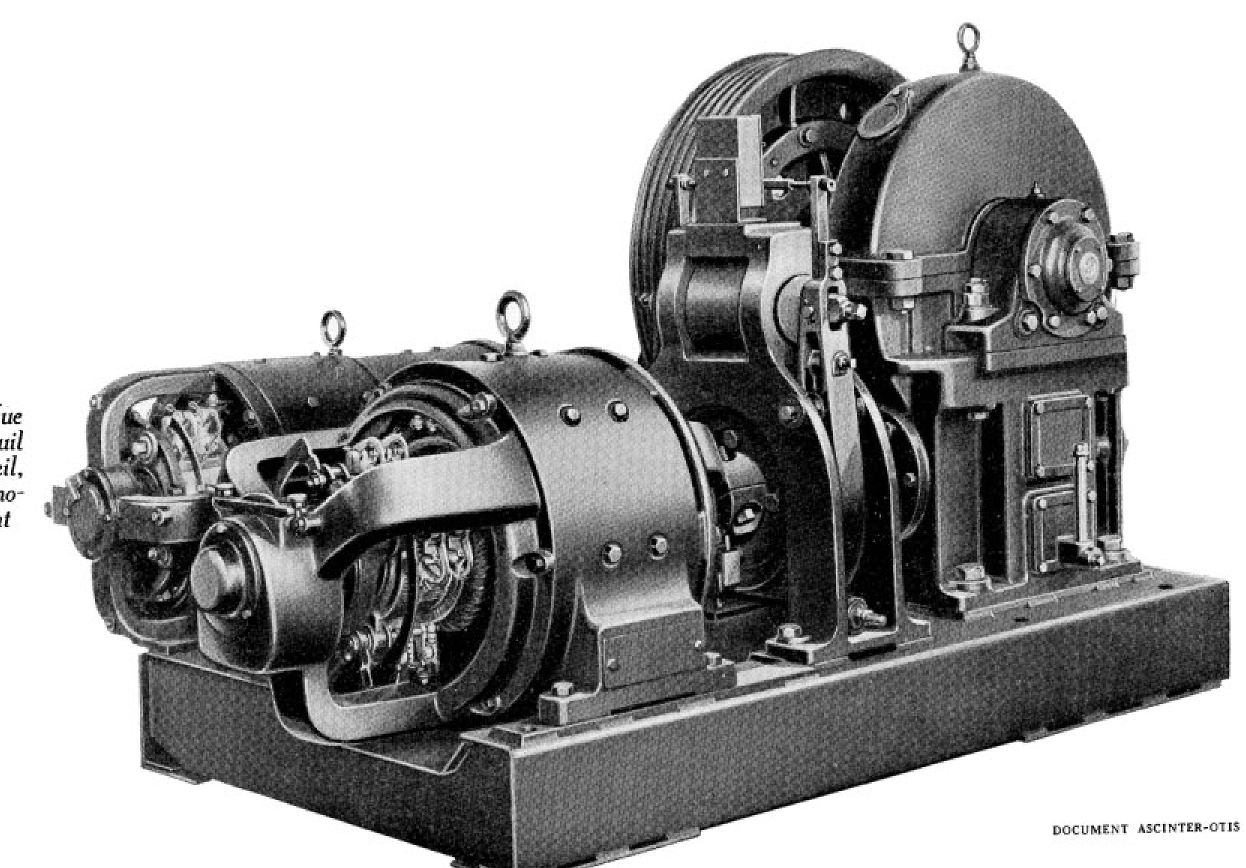


Fig. 62. — *Vue générale d'un treuil de gros appareil, entraîné par moteur à courant continu.*

DOCUMENT ASCINTER-OTIS

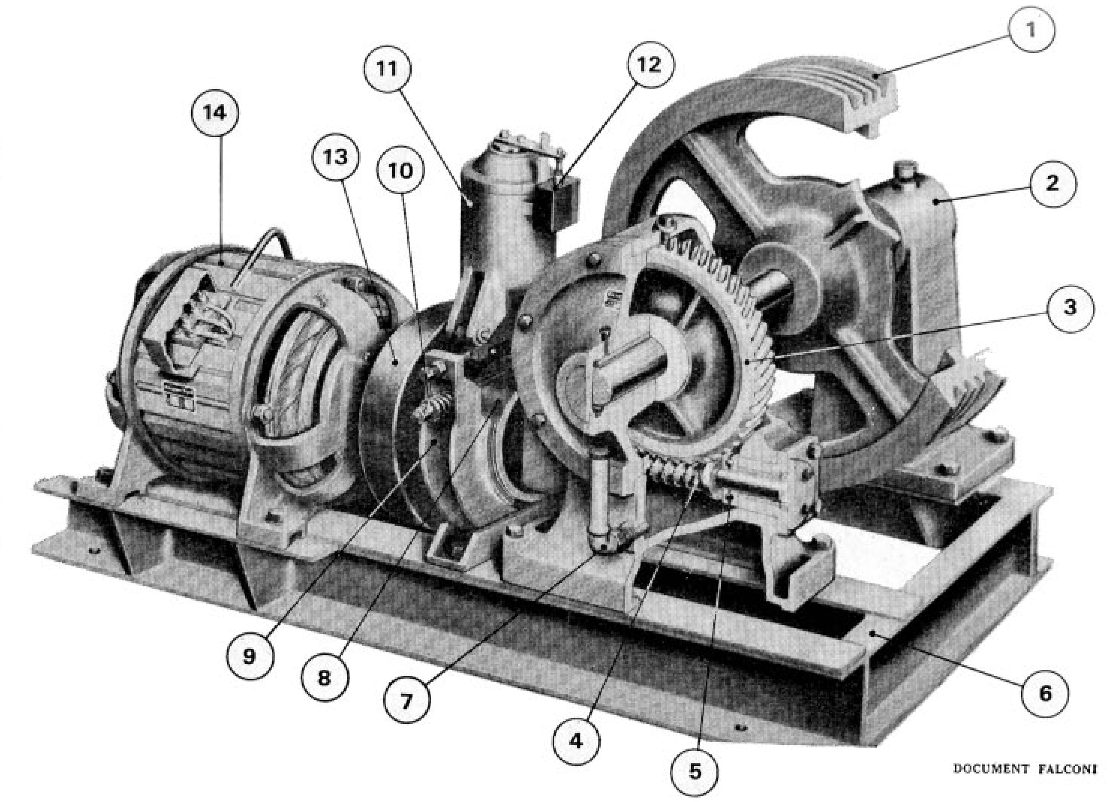


FIG. 63. — *Constituants d'un treuil à adhérence.*
1. — *Poulie d'adhérence.*
2. — *Contre-palier.*
3. — *Roue hélicoidale.*
4. — *Vis tangente.*
5. — *Butée à billes.*
6. — *Socle ou bâti.*
7. — *Niveau d'huile.*
8. — *Poulie de frein.*
9. — *Machoire de frein.*
10. — *Ressort de freinage.*
11. — *Électro-aimant de frein.*
12. — *Contact de l'électro (indique que le frein est ouvert et permet le démarrage.)*
13. — *Volant d'inertie.*
14. — *Moteur à double cage.*

ne peut se produire. C'est l'accouplement le plus difficile à réaliser car il nécessite l'alignement parfait de quatre paliers, les deux du treuil et les deux du moteur, mais c'est celui qui donne les meilleurs résultats et c'est le plus sûr;

— *soit semi-élastique :* le moteur et l'arbre du réducteur sont accouplés par les deux plateaux assemblés par bagues de caoutchouc traversées par des vis. C'est une solution plus facile et qui, en général, n'est pas exempte de défauts.

Nous consacrerons un paragraphe aux moteurs d'ascenseurs et à leur détermination en fin de ce chapitre.

4. — Poulie d'adhérence

Elle est clavetée sur l'arbre de la roue hélicoïdale. Nous avons parlé de son rôle avec le problème de l'adhérence des câbles. Leur diamètre varie de 400 à 800 mm. Il n'est guère possible de descendre au dessous de 400 mm en raison du rapport $\frac{D}{d}$ de leur diamètre à celui du câble dont on sait qu'il doit être de 40 au minimum. Le diamètre des câbles utilisés est rarement inférieur à 9 mm.

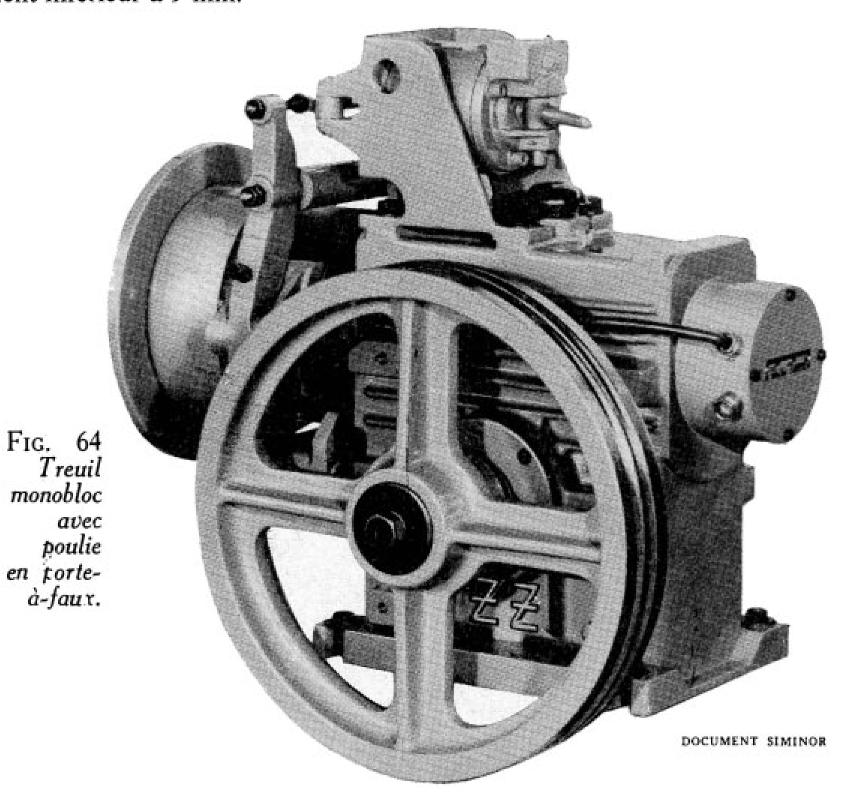
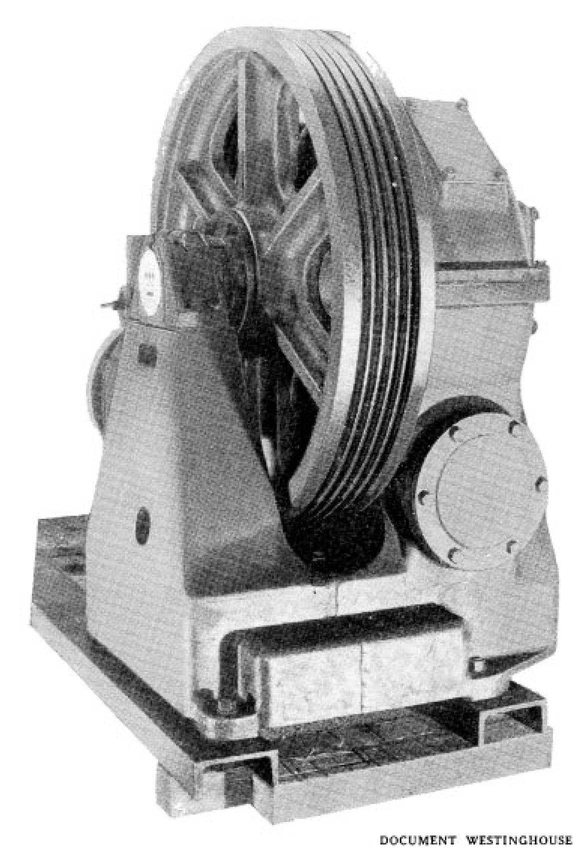


FIG. 64 *Treuil monobloc avec poulie en porte-à-faux.*

DOCUMENT SIMINOR

5. — Contre palier

Parfois la poulie d'adhérence est montée en porte-à-faux au bout de



DOCUMENT WESTINGHOUSE

FIG. 65. — *Treuil avec contre-palier.*
On remarquera la forme trapue de l'ensemble particulière aux treuils d'ascenseurs.

l'arbre de la roue hélicoïdale; cette disposition est utilisée seulement pour les petites puissances (fig. 64).

En général, la poulie est montée entre le réducteur et un contre-palier, dans lequel tourne l'arbre-porteur sur un palier en bronze (fig. 65).

B. — Moteur

Le moteur intervient dans l'installation elle-même, mais également en ce qui concerne la puissance de branchement sur le réseau de distribution.

Il sera donc étudié d'après ses caractéristiques propres, sa détermination, et la puissance de branchement qu'il nécessite.

1. — Généralités

Le moteur d'ascenseur est une machine de fabrication spéciale. Les conditions de fonctionnement sont en effet très particulières. Nous avons vu en effet, que le couple appliqué au moteur varie entre deux valeurs opposées, positive et négative selon qu'il est résistant ou moteur. Malgré ces diverses valeurs, la vitesse du moteur doit demeurer la même pour toutes les manœuvres et constante pendant l'une d'elles lorsque le poids des câbles en passant d'un côté à l'autre de la cabine ou du contrepoids fait varier le couple.

D'autre part, le service intermittent qu'assure un moteur d'ascenseur est caractérisé par des démarrages relativement rapides, des durées de fonctionnement à couple variable (comme nous venons de le voir), des freinages (pour les moteurs à deux vitesses) courts, des périodes de repos plus ou moins longues.

Il doit également être doué de certaines qualités pour répondre aux exigences générales du confort :

— son couple de démarrage doit être constant pour que l'accélération soit constante, une des conditions de la douceur du démarrage;

— son couple de freinage (pour les moteurs à deux vitesses) doit également et pour les mêmes raisons, en ce qui concerne le ralentissement, être constant;

— il doit être silencieux.

Il doit aussi « malgré un fort couple au démarrage avoir un courant de pointe réduit » selon une locution souvent employée sans discernement dans les cahiers des charges. Nous reviendrons sur ce point dans l'étude des caractéristiques.

2. — Caractéristiques des moteurs

Pour répondre aux exigences vitesse/couple, le moteur d'ascenseur doit avoir une caractéristique shunt (fig. 66).

C'est, on le sait, une caractéristique droite très peu inclinée sur l'axe des couples. La vitesse varie peu en fonction de la charge.

Avant la généralisation du courant alternatif, le moteur shunt à courant continu était alors utilisé. Mais dès son apparition, et en particulier avec l'installation des réseaux polyphasés, ce type de moteur fut abandonné au profit des moteurs asynchrones. En effet, le moteur à courant continu installé directement sur le réseau nécessite des accessoires de démarrage importants et onéreux. Il est aussi, à puissance égale, d'un prix beaucoup plus élevé que celui du moteur asynchrone. Il est cependant encore utilisé

(voltage variable) dans certaines installations pour les appareils à grande vitesse; ce point fera l'objet d'une étude particulière.

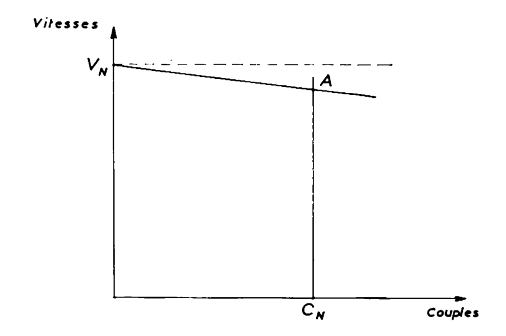


FIG. 66. — *Caractéristique couple/vitesse d'un moteur à excitation « shunt ».*

Le moteur le plus couramment employé est actuellement le moteur asynchrone à double cage soit en une seule vitesse, soit en deux vitesses.

A) MOTEURS A UNE VITESSE

Le moteur à une vitesse est monté sur les treuils des ascenseurs dont la vitesse nominale ne dépasse pas 0,80 m/s et dont le freinage est entièrement réalisé par le frein électromagnétique.

Ce moteur démarre en général sur sa caractéristique naturelle. Un contacteur électromagnétique « montée » ou « descente » dont les contacts électriques se ferment lorsque une commande est effectuée, applique la tension du réseau au stator du moteur, Celui-ci se met immédiatement en mouvement et, suivant les inerties appliquées à son arbre, atteint en un temps plus ou moins court sa vitesse nominale.

Au niveau intéressé, le contacteur ouvre ses contacts, le moteur n'est plus sous tension et simultanément le frein électromagnétique agit et provoque l'arrêt de l'appareil. (Nous reviendrons au chapitre V sur ces conditions de fonctionnement).

Ainsi, pour ce moteur le seul problème qui se pose est celui du démarrage. Pour des raisons de confort, les constructeurs se sont attachés à obtenir pour ces moteurs une caractéristique telle que leur couple de démarrage CD soit approximativement constant pendant la durée de celui-ci, afin que l'accélération demeure elle-même constante (fig. 67).

La valeur du couple de démarrage CD est de l'ordre de 2,2 fois le couple nominal CN du moteur et de 2,5 à 2,8 fois la somme des couples résistants (couple utile + couple d'accélération de l'installation) (voir chap. IV).

L'intensité de démarrage de ces moteurs est de l'ordre de 3,8 à 4 fois leur intensité nominale et de 4,75 à 5 fois l'intensité en marche normale de l'appareil à pleine charge et pleine vitesse.

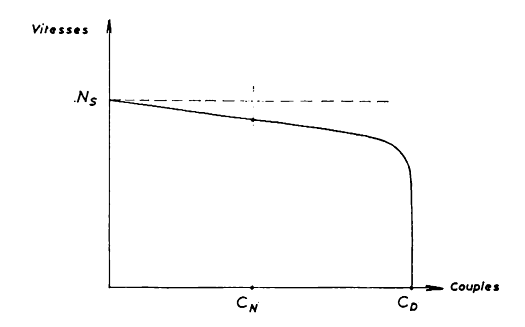


FIG. 67. — *Caractéristique couple/vitesse d'un moteur polyphasé à cage fabriqué spécialement pour ascenseur. Le couple est constant pendant la mise en vitesse.*

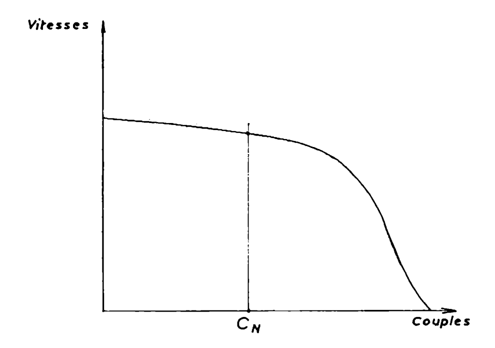


FIG. 68. — *Caractéristiques couple/vitesse d'un moteur polyphasé à cage d'appareil de levage. Le couple n'est pas constant pendant la mise en vitesse.*

Le rotor de ce type de moteur est en général à double cage pour limiter autant que possible l'intensité de pointe du démarrage.

Il n'est pas possible, pour un ascenseur, de prendre un moteur ordinaire, voir même un moteur de levage. En effet, pour ceux-ci, les fabricants de moteur ne s'attachent pas à obtenir une forme de caractéristique correspondant à celle de la figure 67. Les couples ont les formes de la figure 68 ou 69. L'accélération ne serait pas constante pendant le démarrage et le confort ne serait pas assuré.

D'autre part, ces moteurs ont une intensité de démarrage qui voisine

6 à 8 fois leur intensité nominale. Ils provoqueraient sur les réseaux de distribution publique basse tension des à-coups de courant que l'E.D.F. n'admet pas en raison des chutes de tension qu'ils créent à chaque démarrage.

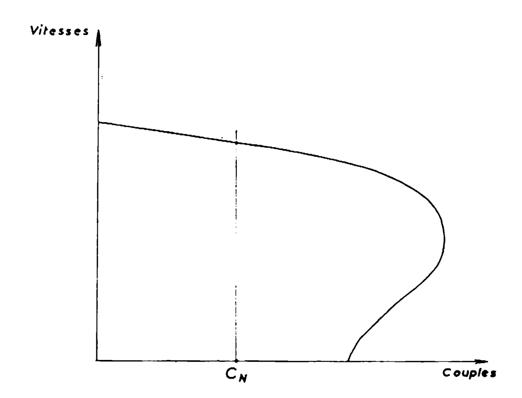


Fig. 69. — *Caractéristique couple/vitesse d'un moteur poplyphasé à cage des séries normales.*

Ils sont la plupart du temps installés dans des usines alimentées par le réseau haute tension et par un transformateur abaisseur.

De plus, ces moteurs ne sont pas silencieux.

Les moteurs à cage d'ascenseurs ont des vitesses de synchronisme (lorsqu'ils tournent à vide) de 1 500 ou 1 000 tr/mn. Ce sont donc des moteurs dont le stator possède respectivement 4 ou 6 pôles sur un réseau à 50 hertz (ou périodes). En effet, on sait que la vitesse en tours par minute N_s d'un moteur asynchrone est telle que :

$$N_s = \frac{120 \times F}{p} \qquad (20)$$

F : étant la fréquence du réseau; p : le nombre de pôles.

Ainsi, un moteur à 6 pôles tourne à une vitesse de :

$$N_s = \frac{120 \times 50}{6} = 1\ 000 \text{ tr/mn}$$

En pleine charge, la vitesse est plus faible. Elle est de l'ordre de 1 400 tr/mn pour le moteur 4 pôles et de 930 tr/mn pour les 6 pôles.

Ceci correspond à un « glissement » de :

$$\frac{1\ 500 - 1\ 400}{1\ 500} = 0{,}066, \text{ soit } 6{,}6\ \% \text{ environ}$$

B) MOTEURS A DEUX VITESSES

Le moteur à deux vitesses est utilisé pour les installations dont la vitesse n'excède pas 1,20 m/s. Certains constructeurs l'ont prévu pour des vitesses supérieures mais, comme nous le verrons au chapitre V, cette disposition n'est pas recommandable.

Le moteur à deux vitesses est en somme le composant de deux moteurs concentriques dans une seule carcasse.

La grande vitesse à 1 500 tr/mn (plus rarement à 1 000 tr/mn) est donc un stator à 4 pôles. La petite vitesse dont le bobinage est situé autour et à l'extérieur du bobinage grande vitesse comprend suivant le cas :

12 pôles, soit 500 tr/mn donc un rapport de 1/3;
16 pôles, soit 375 tr/mn donc un rapport de 1/4;
20 pôles, soit 300 tr/mn donc un rapport de 1/5;
24 pôles, soit 250 tr/mn donc un rapport de 1/6.

Le rapport petite/grande vitesse de 1/6 est la limite que se sont fixé les constructeurs.

Plusieurs sujétions en effet en dépendent :

— le couple de freinage, lors du passage de grande en petite vitesse. Pour les mêmes raisons de confort, il faut que sa valeur n'excède pas 2 à 2,2 fois le couple nominal de l'installation, sinon lors du passage de grande vitesse en petite vitesse les passagers ressentiraient une secousse désagréable :

— le bruit lors de ce passage. Il est difficile de l'éliminer et c'est en partie en réduisant la valeur du couple que des résultats intéressants sont obtenus.

La forme de la caractéristique de démarrage est sensiblement la même pour l'enroulement grande vitesse que celle du moteur à une vitesse (fig. 70), et pendant le freinage, les constructeurs s'attachent encore à obtenir une caractéristique droite (à couple constant).

En ce qui concerne la petite vitesse, la forme du couple est moins impor-

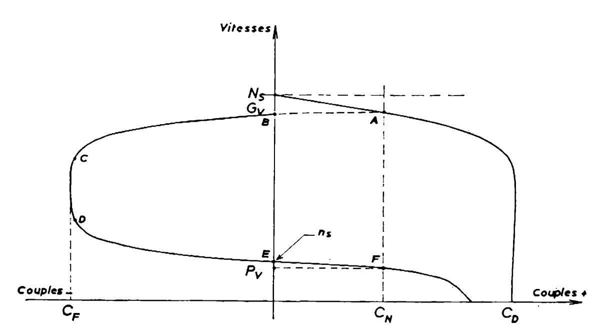


FIG. 70. — *Caractéristiques couple/vitesse de démarrage et de freinage d'un moteur polyphasé à cage et à deux vitesses d'ascenseur.*

tante car l'appareil effectue seulement par le démarrage l'opération d'isonivelage. Le couple de démarrage de petite vitesse, de l'ordre de 1,8 fois le couple nominal du moteur, est volontairement réduit, d'une part, pour réaliser une meilleure précision dans l'isonivelage, d'autre part, car cela contribue, dans le bon sens, à diminuer la pointe de couple du freinage CF.

Le rapport $\frac{ID}{IN}$ de l'intensité de démarrage à l'intensité nominale est légèrement plus élevé en général que celui du moteur à une vitesse (4 au lieu de 3,8).

Pour ce moteur, le démarrage s'effectue directement sur le stator grande vitesse dans les mêmes conditions que celui du moteur à une vitesse. Avant l'arrivée au niveau intéressé, l'appareillage électrique provoque automatiquement le ralentissement (nivelage) en effectuant l'ouverture du contacteur GV et, immédiatement après, la fermeture du contacteur PV (cette opération dure moins de 1/10 de seconde). Le moteur se trouve alors à une vitesse qui, suivant le rapport petite vitesse/grande vitesse, est 3, 4, 5, 6 fois plus grande que la petite vitesse. On dit qu'il est en marche hypersynchrone par rapport à la petite vitesse. Entraîné par la charge, il se comporte alors comme une génératrice asynchrone et est ralenti par le courant du réseau. Le couple suit alors la courbe de la figure 70 par les points successifs A, B, C, D, E, F où la vitesse et le couple se stabilisent jusqu'à l'arrivée au niveau. Alors le frein serre et provoque l'arrêt de l'appareil. Pendant le freinage, au moment où le couple atteint la valeur CF, une pointe d'intensité de l'ordre de 3 à 4 fois l'intensité nominale se produit.

3. — Silence des moteurs d'ascenseurs

C'est une autre qualité qu'ils doivent posséder, et c'est elle en particulier qui fait du moteur d'ascenseur une machine relativement chère par rapport à un moteur de même puissance et même vitesse, non silencieux.

Le silence des moteurs n'est pas normalisé et il est difficile d'en apprécier la puissance acoustique. Des méthodes de mesure existent; elles sortent du cadre de cet ouvrage et nous nous limiterons à indiquer les précautions prises pour diminuer le bruit des moteurs destinés aux ascenseurs.

Les bruits d'un moteur asynchrone ont trois origines :

— une origine magnétique;

— une origine aérodynamique;

— une origine mécanique.

Pour réduire les bruits magnétiques, les constructeurs agissent simultanément :

a) sur l'induction dans les circuits magnétiques. Les tôles magnétiques empilées qui constituent la carcasse sont soumises aux variations des champs magnétiques du stator et du rotor et à leurs interférences. L'induc-

tion est réduite pour un volume de fer donné. C'est la première raison qui fait que les moteurs d'ascenseurs sont, toutes choses égales, plus gros que les moteurs ordinaires;

b) sur le nombre, la profondeur, l'inclinaison des encoches dans lesquelles sont logées les barres de la cage du rotor et sur la nature du métal qui constitue ces dernières, pour diminuer les interférences entre les champs magnétiques stator et rotor.

En ce qui concerne les bruits aérodynamiques dus à la ventilation, les constructeurs ont simplement supprimé le ventilateur ou réalisé des ventilateurs spécialement étudiés en agissant sur l'inclinaison et le nombre de pales. Dans les deux cas, la ventilation étant plus faible, la dissipation ne peut s'effectuer que par rayonnement; il faut éviter que le moteur ne chauffe trop, son volume, pour cette seconde raison, en est donc augmenté.

Parfois, pour les moteurs « gearless » ou pour les moteurs à service très intensif, la ventilation est indépendante, extérieure au moteur. On dit que le moteur est à ventilation auxiliaire ou forcée;

c) les bruits mécaniques trouvent leur origine dans la rotation de l'arbre. Les roulements à billes ou à rouleaux, même dits silencieux, sont trop bruyants pour les ascenseurs, en particulier pour les moteurs à 1 500 tr/mn.

Pour ces machines, l'arbre tourne sur des paliers lisses constitués par deux cylindres de bronze dans lesquels des canelures ont été taillées pour permettre la lubrification. A chaque palier est adaptée une boîte à huile dans laquelle une bague barbotte et, pendant la marche, fait monter le lubrifiant dans le palier où il s'étale grâce aux canelures. En pleine vitesse, l'arbre tourne, non pas sur le bronze du palier, mais sur un film d'huile. Le palier lisse est totalement silencieux.

Pour les moteurs à 1 000 tr/mn ou pour les « gearless » dont la vitesse se situe aux alentours de 80 à 100 tr/mn, des roulements de premier choix, triés, sont utilisés.

Afin de donner un critère empirique de silence, nous admettons nous-mêmes qu'une oreille normale ne doit pas entendre, le dos tourné, un moteur de 4 à 6 CV à 1 500 tr/mn placé à 1,50 m et entendre faiblement un moteur de 10 à 15 CV, en pleine vitesse, posé sur un sol uniforme, sans fixation.

4. — Détermination

La détermination du moteur doit être effectuée d'après le régime de marche et la puissance.

A) RÉGIME DE MARCHE

Les conditions de fonctionnement d'un moteur d'ascenseur (démarrages, marche à couples différents, périodes de repos plus ou moins pro-

longées) correspondent approximativement au régime de marche semi-horaire. Ceci va déterminer les bases générales du calcul du moteur par le constructeur.

Mais, en dehors de ce critère, le choix d'un moteur dépend également de la fréquence des démarrages auxquels il sera soumis sur une installation donnée. C'est ainsi que les moteurs d'ascenseurs sont classés d'après l'estimation du nombre horaire de manœuvres qu'ils auront à effectuer. En parlant de démarrages, il ne faut pas perdre de vue que pour le transport d'une seule personne le moteur peut souvent démarrer deux fois, une première lors de l'appel de l'ascenseur, la seconde pour le transport proprement dit.

Sur ces indications, on prend habituellement les bases suivantes :

— 60 démarrages/heure pour les immeubles d'habitation de 7 niveaux au plus au-dessus du rez-de-chaussée (manœuvre à blocage);

— 90 démarrages/heure pour les immeubles d'habitation de plus de 7 niveaux au-dessus du rez-de-chaussée (manœuvre collective descente);

— 120 démarrages/heure minimum (plus, si l'évaluation l'exige, mais c'est très rare) pour les immeubles de bureaux, administrations, hôpitaux, etc. (manœuvre collective montée-descente).

B) PUISSANCE

Le problème de l'ascenseur ne doit pas en principe se référer à un calcul de la puissance du moteur. C'est d'abord un calcul de couple. Cependant, en posant les axiomes qui président à sa fabrication, c'est-à-dire, couple de démarrage de l'ordre de 2,2 à 2,5 fois le couple nominal du moteur, il est possible alors de prendre comme base le calcul simple de la puissance nécessaire, dont nous rappelons brièvement ci-dessous l'établissement de l'expression :

On sait que la puissance P est une énergie W dissipée pendant un certain temps t :

$$P = \frac{W}{t} \qquad (21)$$

P étant exprimé en watts, W en joules, et t en secondes.

Et l'énergie W effectue un travail tel que :

$$W = F \times l \qquad (22)$$

F étant la force en newtons, l le déplacement en mètres du point d'application de la force.

D'où :

$$P = \frac{F \times l}{t} = F \times V$$

où V est la vitesse en mètre seconde.

En transformant cette équation pour utiliser les unités usuelles :

$$1 \text{ newton} = 9{,}81 \text{ kg}$$
$$1 \text{ CV} = 736 \text{ watts}$$

$$P = \frac{9{,}81\ FV}{736} = \frac{FV}{\frac{736}{9{,}81}} = \frac{FV}{75} \qquad (23)$$

P étant exprimé en CV, F en kg, et V en m/s.

En appliquant cette expression de P aux ascenseurs, F, force appliquée, correspond par conséquent, en prenant le cas défavorable de la cabine au niveau le plus bas, à pleine charge et avec la surcharge imposée par l'article 2 211 de la norme NF P 82 201, à :

$$F = \frac{C_u}{2} + P_c + 0{,}05\ C_u \qquad (24)$$

où C_u est la charge utile (divisée par 2 puisqu'elle est équilibrée à 50 p. 100 par le contrepoids) en kg et P_c : le poids de la nappe de câbles en kg.

D'autre part, v est la vitesse linéaire de l'appareil en m/s.

L'expression (23) devient :

$$P = \frac{\left(\frac{C_u}{2} + P_c + 0{,}05\ C_u\right) V}{75} \qquad (25)$$

et, en faisant intervenir le rendement global de l'installation P, produit des rendements partiels suivants :

— rendement du treuil;

— rendement des guides (frottements des coulisseaux);

— rendement des diverses poulies de renvoi (détour et mouflage); l'expression devient :

$$\boxed{P = \frac{\left(\frac{C_u}{2} + P_c + 0{,}05\ C_u\right) V}{75\rho}} \qquad (26)$$

C) RENDEMENT

Le rendement du treuil varie avec le nombre de filets de la vis sans fin; c'est l'organe dont le rendement est le plus mauvais dans une installation.

Il est de l'ordre de :

— 0,45 pour le treuil à un filet;

— 0,53 pour le treuil à deux filets;

— 0,6 pour les treuils à trois filets.

Le rendement des guides est meilleur. Les coulisseaux, bien réglés, glissent à frottement doux sur les guidages. Le rendement est uniforme pour la plupart des installations et peut être pris de l'ordre de 0,9.

Le rendement des poulies, de l'ordre de 0,97 est excellent.

Ainsi, les rendements des installations avec treuil peuvent s'étaler sur une gamme très large de rendements :

$\rho = 0{,}6 \times 0{,}9 = 0{,}54$ pour un appareil avec treuil à trois filets sans poulie de renvoi;

$\rho = 0{,}45 \times 0{,}9 \times 0{,}97^6 = 0{,}33$ pour un appareil avec treuil à un filet et six poulies de renvoi (cas de la figure 25).

On peut dresser le tableau des rendements suivant :

Treuil	*Nombre de poulies*								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1 filet.......	0,41	0,40	0,385	0,375	0,365	0,35	0,34	0,33	0,32
2 filets......	0,48	0,475	0,45	0,44	0,43	0,415	0,40	0,39	0,38
3 filets......	0,54	0,52	0,51	0,495	0,48	0,47	0,45	0,44	0,42

Le nombre de filets de la vis sans fin peut se déterminer en prenant comme bases les vitesses suivantes (ceci n'étant pas toutefois sans exception et pouvant varier suivant le constructeur notamment pour les vitesses supérieures à 1,20 m/s).

— jusqu'à 0,8 m/s = vis à un filet;
— de 1 m à 1,20 m/s = vis à deux filets;
— > 1,20 m/s = vis à trois filets.

Le nombre de poulies de renvoi est plus difficile à évaluer :

— les ascenseurs ordinaires les plus courants, c'est-à-dire les 225 à 450 kg de charge, n'ont pas plus d'une poulie de renvoi;

— les appareils 525 kg avec extension n'ont qu'une seule poulie lorsque le contrepoids est placé sur le côté de la cabine.

D'une manière générale, pour qu'un appareil n'ait qu'une seule poulie de détour, il est nécessaire que la distance entre le centre de la cabine et le centre du contrepoids n'excède pas 1,20 m environ et que sa vitesse ne soit pas inférieure à 0,60 m/s environ.

Lorsque cette distance devient supérieure ou la vitesse inférieure aux valeurs ci-dessus l'installation comporte :

— pour les charges importantes (1 500 kg et au-dessus), un mouflage deux brins ou plus (fig. 21 et suiv.);

— pour les charges plus faibles (monte-charge de charges de faible densité) soit le mouflage, soit le double enroulement (fig. 20).

Il est préférable, dans le doute, de se renseigner auprès d'un ou plusieurs constructeurs car leurs solutions ne sont pas nécessairement identiques.

D) RENDEMENT DES GEARLESS

Les gearless (chap. V) ont un rendement supérieur aux treuils. Il est de l'ordre de 0,9, de sorte que le rendement global d'une installation équipée de cet organe est de 0,8 environ.

Avec les gearless, des câbles de compensation sont presque toujours employés de sorte que dans l'expression (26) le poids des câbles Pc n'intervient pas.

EXEMPLES D'APPLICATION

1) Soit le cas d'un ascenseur treuil en haut de 450 kg à 1,20 m/s et de 30 m de course. Supposons cet appareil supporté par quatre câbles de 11 mm.

Le poids de la nappe de câbles sera (voir tableau ou paragraphe « câbles ») :

$$0{,}396 \times 4 \times 30 = 47{,}5 \text{ kg}$$

A 1,20 m, le treuil est à deux filets et l'installation comporte une poulie de renvoi, donc $\rho = 0{,}475$.

On applique l'expression (26) de la puissance :

$$P = \frac{\left(\frac{450}{2} + 47{,}5 + 22{,}5\right) 1{,}20}{75 \times 0{,}475} = 10 \text{ CV par excès}$$

2) Soit un monte-voitures de 3 000 kg, *treuil en haut*, vitesse 0,40 m/s, course 25 m.

Le poids de la benne de cet appareil est à vide de l'ordre de 4 500 kg.

Il sera mouflé trois brins et la suspente sera composée de six câbles de 12,6 mm par exemple. Le nombre de poulies sera de six.

Poids de la nappe de câbles :

$$6 \times 0{,}515 \times 25 = 77 \text{ kg}$$

Rendement global (treuil à un filet, six poulies) : 0,34

$$P = \frac{\left(\frac{3\,000}{2} + 77 + 150\right) 0{,}40}{75 \times 0{,}34} = 27 \text{ CV}$$

Le même appareil *treuil en bas* nécessiterait quatre poulies de plus environ et ρ serait ramené à 0,3. La puissance nécessaire serait donc de 31 CV. On voit donc pour cet exemple l'incidence de prévoir le treuil à la partie inférieure.

3) Soit un ascenseur de 900 kg, treuil en haut, vitesse 2,50 m/s, course 75 m, traction par gearless.

Le poids des câbles est compensé, donc P_c n'intervient pas.

Le rendement est de 0,8.

Le puissance P_{m_0} du gearless est donc =

$$P_{m_0} = \frac{\left(\frac{900}{2} + 4{,}5\right)}{75 \times 0{,}8} = 20{,}6 \text{ CV}$$

Cette dernière valeur est la puissance du moteur à courant continu de levage gearless, ce n'est pas la puissance installée sur le réseau. Le gearless (moteur à courant continu à vitesse lente) est alimenté par une génératrice de courant continu, elle-même entraînée mécaniquement par un moteur asynchrone branché sur le réseau alternatif, par l'intermédiaire de l'appareillage.

Le rendement électrique du gearless est de 0,85 environ, ainsi que celui de la génératrice, de sorte qu'entre le gearless et le réseau intervient un rendement de $0{,}85^2 = 0{,}72$.

La puissance P du moteur asynchrone est alors :

$$P = \frac{P_{m_0}}{0{,}72} = 29 \text{ CV (par excès)}$$

E) PUISSANCE DE BRANCHEMENT

L'article 72 342 de la NF C 15 100 (tableau 7α) limite à 6,75 kVA la puissance de démarrage d'un moteur alimenté par une distribution collective d'immeuble, en raison de l'appel de courant qui, provoquant une chute de tension sur le réseau, peut influer sur les installations d'éclairage plus sensibles que les moteurs aux variations de tension. L'installation doit être en principe soumise à l'agrément du distributeur. En France, le distributeur, c'est l'Électricité de France.

Mais on peut considérer que plus de 50 000 installations sur Paris seulement ont une puissance de démarrage de l'ordre de 15 kVA. Il semble donc que ce paragraphe de la réglementation soit dépassé et nécessiterait une révision.

La puissance d'un moteur d'ascenseur est notablement inférieure à la puissance de branchement nécessaire pour assurer son fonctionnement correct.

En effet, on a vu que le moteur est soumis à des démarrages plus ou moins fréquents mais dont chacun sollicite un appel de courant de l'ordre de quatre fois l'intensité nominale. Ainsi pour un moteur de 4 CV, dont l'intensité nominale est de 12 A environ en triphasé 220 V, l'appel de courant sera de 48 A.

La puissance apparente (exprimée en kilovolts-ampères) de ce moteur est donc :

$$P_a = 48 \times 220 \times \sqrt{3} = 18\,200 \text{ VA} = 18,2 \text{ kVA}$$

(Un moteur de 4 CV est monté sur un ascenseur de 300 kg à 0,80 m/s).

Un branchement d'une telle puissance est excessif car la pointe d'intensité lors du démarrage est brève et ne nécessite donc pas une telle valeur.

Mais qu'appelle-t-on « branchement »?

Le branchement, d'une manière générale, est composé d'un compteur d'énergie active, d'un disjoncteur différentiel, d'une ligne d'une section correspondant à la valeur des appareils de protection installés en amont du compteur, appareils de protection dont l'intensité de coupure, ainsi que celle du disjoncteur, limite les possibilités d'utilisation.

Il est donc nécessaire de faire établir un branchement, ou bien, pour le cas où le ou les ascenseurs sont branchés sur les services généraux de l'immeuble, de demander une puissance, tels que les appareils ne fassent pas disjoncter au moment des démarrages consécutifs rapprochés, par l'effet cumulatif thermique des pointes successives, mais également tels que leur valeur ne soit pas exagérée, ce qui conduit à des dépenses plus importantes car la première tranche d'énergie des contrats est d'autant plus étendue que la puissance demandée est grande.

INSTALLATION AVEC TREUIL ET MOTEUR ASYNCHRONE D'ASCENSEURS

Ainsi, pour les moteurs asynchrones alimentés directement par le réseau, la puissance à souscrire devra être basée sur une valeur moyenne I_m des pointes d'intensité telle que :

$$I_m = \frac{I_D + I_N}{3} \qquad (27)$$

Comme. pour la plupart des moteurs *bien étudiés* :

$$\frac{I_D}{I_N} = 4$$

$$I_m = 1,65\ I_N \qquad (28)$$

Les valeurs, par cheval, de I_N sont :

— triphasé 380 V : 1,8 A;

— triphasé 220 V : 3,1 A;

— diphasé 230 V : 2,8 A;

— monophasé 230 V : 5,6 A.

Les puissances de branchement en kVA seront :

— en triphasé 380 V :

$$P_a = \frac{380\sqrt{3}\ I_m}{1\,000} = 0,66\ I_m \text{ triphasé 380 V}$$

— en triphasé 220 V :

$$P_a = \frac{220\sqrt{3}\ I_m}{1\ 000} = 0{,}38\ I_m \text{ triphasé 220 V}$$

— en diphasé 230 V :

$$P_a = \frac{230 \times 2\ I_m}{1\ 000} = 0{,}46\ I_m \text{ triphasé 230 V}$$

— en monophasé 230 V :

$$P_a = \frac{230\ I_m}{1\ 000} = 0{,}23\ I_m \text{ monophasé 230 V}$$

Exemple numérique. — Pour le moteur de 10 CV de l'exemple ci-dessus, alimenté sous tension triphasée 220 V, la puissance de branchement sera :

$$I_m = 1{,}65\ I_N = 1{,}65 \times 10 \times 3{,}1 = 51 \text{ A}$$

$$P_a = 0{,}38 \times 51 = 19{,}4, \text{ soit } 20 \text{ kVA}$$

INSTALLATION AVEC VOLTAGE VARIABLE (TREUILS OU GEARLESS)

Lorsque la vitesse d'un ascenseur dépasse 1,20 m/s, on emploie généralement le système à voltage variable comprenant, comme il a été dit ci-dessus, un moteur à courant continu pour le treuil (ou gearless lui-même) et un groupe convertisseur dont le moteur alternatif est branché sur le réseau (le système à voltage variable sera étudié au chapitre V).

Le moteur alternatif du groupe n'a pas les caractéristiques d'un moteur d'ascenseur; c'est inutile. Mais c'est un moteur asynchrone à cage dont la pointe de démarrage peut être de cinq ou six fois l'intensité nominale du moteur.

Le groupe étant lancé à vide, c'est-à-dire ascenseur arrêté, le couple nécessaire pour le mettre en marche est réduit. Il est à peine de l'ordre de 0,2 fois le couple nominal du moteur.

Pour éviter la pointe d'intensité relativement élevée et qui, en particulier sur un réseau de distribution collective d'immeuble, créerait une gêne certaine car les puissances mises en jeu sont importantes par rapport à un ascenseur ordinaire, les constructeurs utilisent le démarrage étoile-triangle.

Le moteur alternatif du groupe a été prévu à couplage triangle pour la tension du réseau.

Le démarrage s'effectue alors en deux temps (fig. 71) :

— au premier temps, les enroulements du stator du moteur sont couplés en « étoile » et sont mis sous tension;

— lorsque la vitesse du groupe est voisine de sa vitesse nominale, le deuxième temps provoque le couplage des enroulements en triangle.

Ce dispositif permet de faire démarrer le groupe convertisseur avec une intensité correspondant au 1/3 de la valeur de la pointe normale. Donc,

si la pointe était de six fois l'intensité nominale, elle est réduite à deux fois seulement.

A l'instant du couplage, une autre pointe C se produit, mais elle est si brève que son incidence sur le réseau n'est pas sensible et qu'il est possible de ne pas en tenir compte (fig. 72).

Le démarrage du groupe est assez lent, il dure de 4 à 6 secondes suivant les puissances, mais comme cette opération ne se produit que rarement

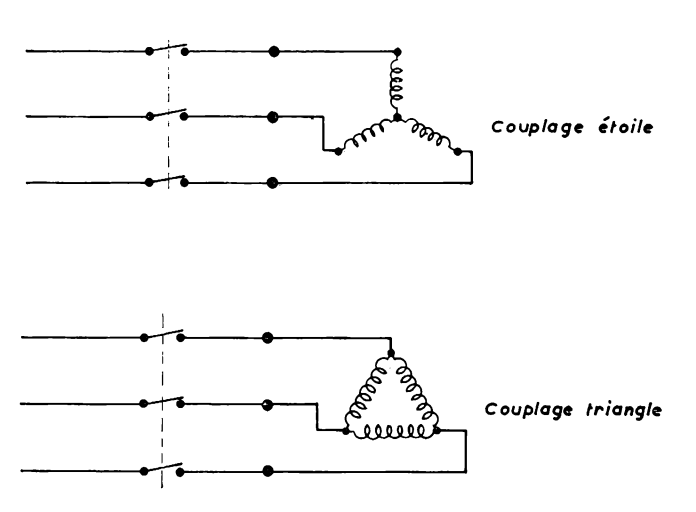


FIG. 71. — *Schémas de principe du couple étoile/triangle pour le démarrage du groupe convertisseur.*

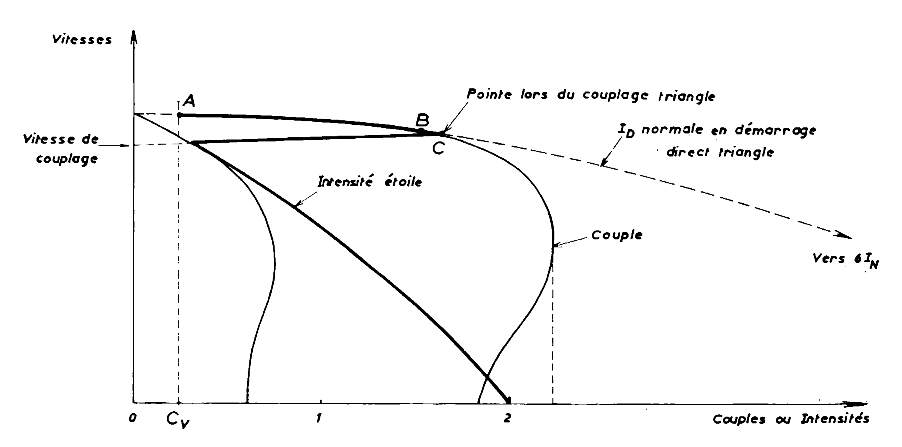


FIG. 72. — *Caractéristiques couple/vitesse et intensité/vitesse d'un démarrage étoile/triangle d'un groupe convertisseur.*

dans la journée en raison du service intensif de ce genre d'appareil et du fait que l'arrêt du groupe est temporisé après chaque manœuvre, il n'en résulte aucune gêne pour les usagers.

Lorsque le groupe est démarré, l'ascenseur démarre à son tour. Le groupe, dont la vitesse à vide s'était stabilisée au point A, ralentit légèrement en cédant une partie de son énergie cinétique à l'ascenseur. Ce phénomène a pour effet de limiter à 1,5 fois l'intensité nominale du groupe, la valeur de la pointe absorbée par le groupe sur le réseau au moment du démarrage de l'ascenseur, point B de la caractéristique.

La valeur moyenne d'intensité à prendre en considération pour un appareil avec voltage variable (treuil ou gearless) en tenant compte des remarques ci-dessus sera de 1,3 fois l'intensité nominale du moteur alternatif du groupe (lorsque le démarrage étoile-triangle est appliqué à ce dernier).

En faisant une comparaison sur la base de l'exemple 1 ci-dessus :

	Ascenseur à moteur alternatif	*Ascenseur à voltage variable*
Moteur du treuil	10 CV	10 CV (continu)
Moteur du groupe. . . .		14 CV
Im (tri 220 v)	31 A	43,5 A
Im	51 A	56,5 A
P branchement	19,4 kVA	21,4 kVA
P E.D.F.	17,8 soit 18 kW	19,77 soit 20 kW

En effet, les puissances de branchement de l'Électricité de France sont souscrites en kW (puisque le compteur enregistre l'énergie active) et les tensions prises pour base de calcul par cette administration sont, pour tenir compte des chutes de tensions auxquelles sont soumis les réseaux en bout de ligne :

— 200 V au lieu de 220 V ou 230 V;

— et 350 V au lieu de 380 V.

De sorte que dans l'un des exemples précédents, la puissance à demander à l'Électricité de France sera :

$$51 \times 200 \times \sqrt{3} = 17{,}8 \text{ kW}$$

(prendre 200 V et non 220 V).

PUISSANCE DE BRANCHEMENT DE PLUSIEURS APPAREILS

Lorsque plusieurs appareils sont alimentés par la même arrivée de courant, ils bénéficient de l'application d'un coefficient d'utilisation.

La norme NF C 15 100 concernant les installations électriques de première catégorie donne leurs valeurs :

— 100 % pour le moteur le plus puissant;

— 75 % pour le moteur suivant;
— 60 % pour les autres.

Ainsi, pour un building comprenant six appareils dont le calcul des puissances de branchement a donné :

— 4 appareils de 40 kW;
— 1 appareil de 20 kW;
— 1 appareil de 6 kW;

la puissance de branchement totale sera donc :

$$40 + (40 \times 0{,}75) + 0{,}60\ (40 + 40 + 20 + 6) = 133{,}6\ \text{kW}$$

NOTE DE CALCUL SUR LA CONSOMMATION

Le moteur intervient seulement par son rendement dans le calcul de la consommation d'énergie électrique. En effet, les compteurs d'énergie enregistrent seulement l'énergie active, c'est-à-dire celle qui sert à entraîner l'appareil. L'autre énergie, dite énergie réactive, est destinée à la magnétisation des masses polaires du moteur. Elle ne fait pas tourner le compteur. De sorte que pendant la pointe d'intensité de démarrage et pendant la marche normale de l'appareil, seule une fraction de ces valeurs (qui entrent en totalité comme nous l'avons vu dans l'évaluation de la puissance de branchement nécessaire) fait tourner le compteur. Or, la partie d'énergie active correspond bien, elle, à la marche de l'appareil.

Cette énergie W se compose de deux parties :

— W_1 pour le déplacement de l'ascenseur entre deux arrêts;
— W_2 pour le démarrage de l'ascenseur.

$$W = W_1 + W_2 \qquad (29)$$

Mais W_2 représente une faible partie de W. En effet, le couple moyen de démarrage étant de deux fois le couple nominal et, pour une course donnée, le démarrage étant effectué sur une longueur qui dépend des inerties mises en mouvement et de la vitesse à atteindre, on peut écrire :

$$W_1 = \frac{C_u}{2} \times e \qquad (30)$$

$$W_2 = \frac{2C_u}{2} \times e_{dem} \qquad (31)$$

C_u : étant la charge utile en m/newton;

e : la course de l'appareil en mètres;

e_{dem} : la longueur de démarrage.

On sait que (note de calcul sur les guides) (8) :

$$e_{dem} = \frac{V^2}{2\gamma}$$

avec V, vitesse de l'appareil en m/s et γ accélération moyenne en m/s^2.

En prenant la valeur normale de 1 m/s² pour

De sorte que :

$$W = \left(\frac{C_u}{2} \times e\right) + \left(C_u \times \frac{V^2}{2}\right)$$

$$W = \frac{C_u}{2} (e + V^2)$$

(sous entendu $\gamma = 1$ pour que l'équation ait des membres de même dimension).

Or, on sait que :

— 1 watt pendant 1 seconde correspond à 1 joule;

— et 1 watt pendant 1 heure correspond à 3 600 joules.

Si W est exprimé en watt/heure l'expression devient :

$$W = \frac{\frac{C_u}{2} (e + V^2)}{3\,600}$$

Avec C_u exprimé en kg au lieu de newton, on a sensiblement :

$$W = \frac{\frac{C_u}{2} (e + V^2)}{360} \text{ W/h}$$

Cette valeur de W correspond à une montée de toute la course à pleine charge. La descente à vide de l'appareil consommerait la même énergie de sorte que, pour une montée en pleine charge et le retour à vide, la consommation totale W_t sera :

$$W_t = \frac{C_u(e + V^2)}{360} \qquad (32)$$

Mais ceci ne tient compte ni du rendement de l'installation (voir tableau ci-dessus) ni du rendement ρ_m du moteur. Celui-ci pourra être pris uniformément égal à 0,75. On obtient enfin :

$$\boxed{W_t = \frac{C_u(e + V^2)}{360 \rho \rho_m}} \qquad (33)$$

Exemple : Prenons les données de l'application 1) ci-dessus :

$C_u = 450$ kg $\quad e = 30$ m $\quad V = 1{,}20$ m/s $\quad \rho = 0{,}475$

$$W_t = \frac{450\ (30 + 1{,}44)}{360 \times 0{,}475 \times 0{,}75} = 110 \text{ w/h}$$

W_t : étant la consommation pour l'aller-retour ci-dessus.

A cette valeur il faut ajouter 5 p. 100 pour la consommation de l'appareillage électrique.

C. — *Poulie de détour ou de renvoi*

La figure 24 du schéma de câblage montre qu'il est nécessaire parfois d'installer une poulie dite de détour ou de renvoi lorsque les verticales

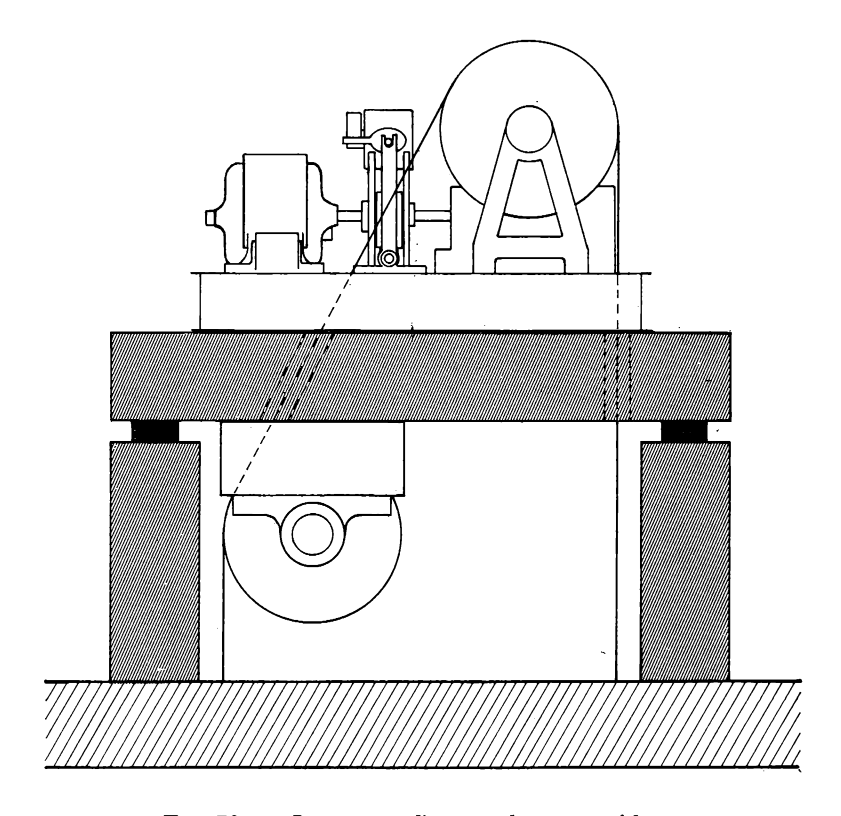


FIG. 73. — *Disposition d'un treuil sur massif béton avec poulie de détour fixée sous le bâti du treuil.*

passant par les centres de cabine et contrepoids sont à une distance supérieure au diamètre de la poulie du treuil déterminée pour obtenir la vitesse désirée. L'arbre de cette poulie est généralement monté soit sous le massif du treuil, soit directement sous le bâti même du treuil (fig. 73 et 74) (Mais dans ce dernier cas la maçonnerie du massif est plus compliquée). Cette

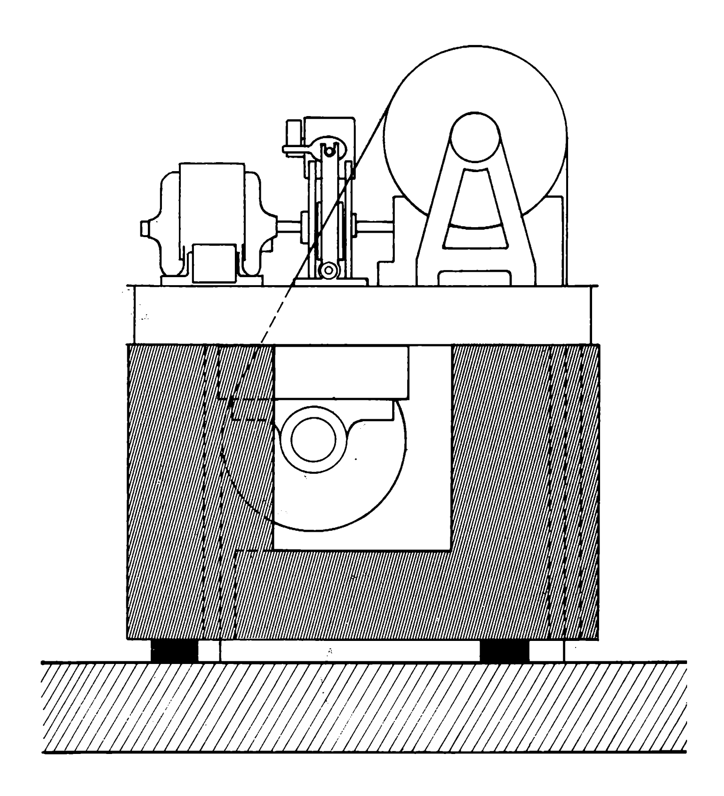


FIG. 74. — *Disposition d'un treuil sur massif béton avec poulie de détour fixée sous le bâti du treuil.*

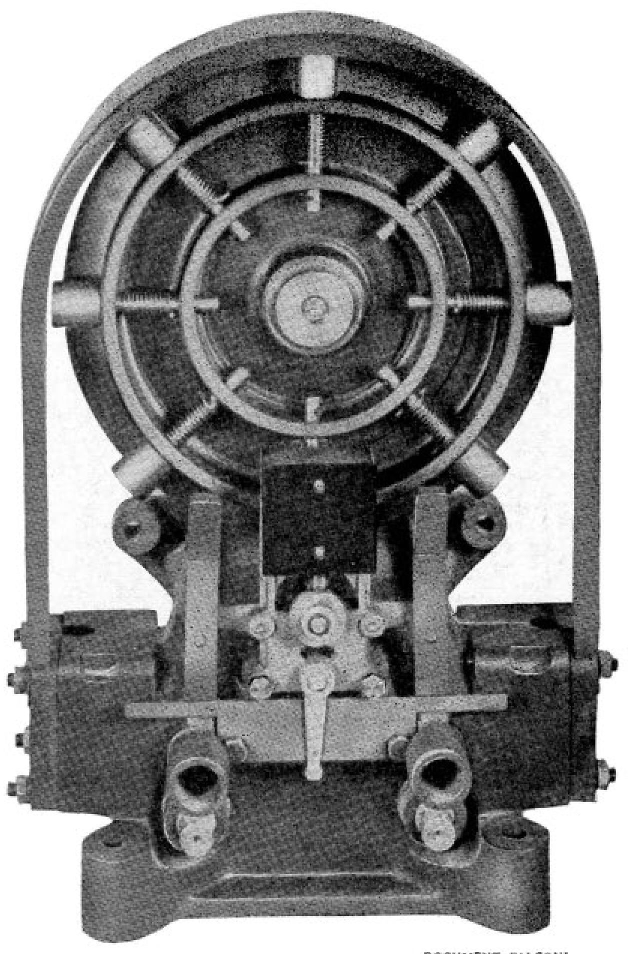
poulie ressemble à celle d'adhérence, sauf en ce qui concerne les gorges qui reçoivent les câbles; elles sont simplement demi-rondes.

D. — Régulateur

Le régulateur ou limiteur de vitesse a pour rôle de provoquer l'action du parachute quand, en descente, la vitesse de la cabine atteint une valeur prédéterminée.

Ce résultat est obtenu généralement par le pincement du câble de régulateur par une pièce de ce dernier organe. La cabine continuant sa course, le câble agit sur le levier de commande du parachute.

Les régulateurs comportent tous un dispositif centrifuge qui par l'intermédiaire d'une came d'une forme spéciale provoque le coincement du câble. Ils existent sous trois constructions différentes :



DOCUMENT FALCONI

FIG. 25. — *Régulateur de vitesse à masselottes.*

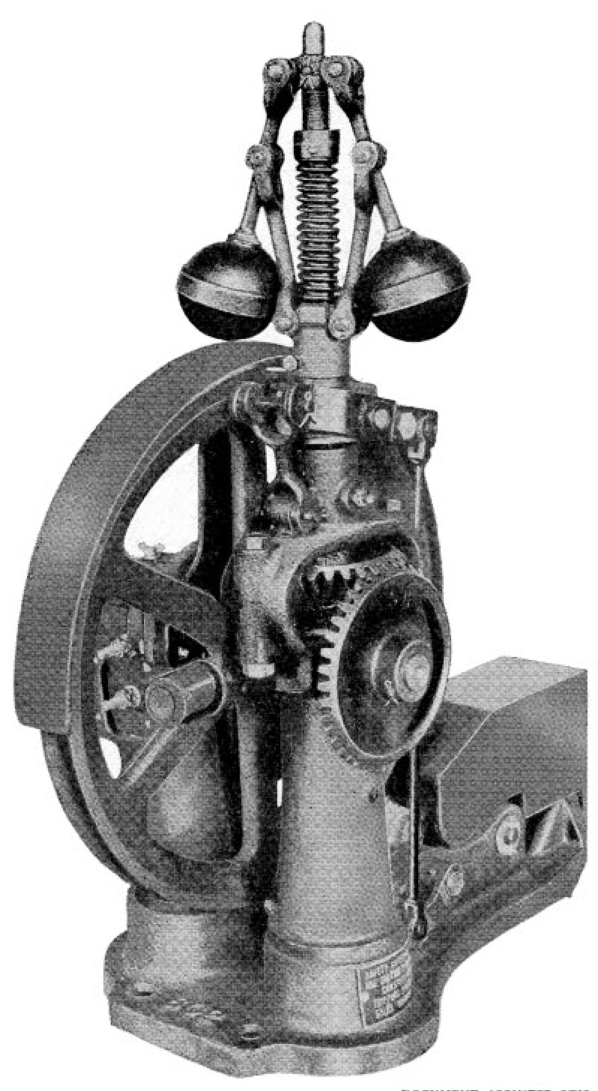
— à masselottes (fig. 75);

— à boules (fig. 76).

— à levier à bascule (fig. 77);

Les régulateurs à levier ne sont utilisés que pour une vitesse maximale de 0,80 m/s. Au-delà, ils manquent en général de précision et sont remplacés par les deux autres types suivant les constructeurs.

Les vitesses de mise en action du régulateur seront précisées lors de l'étude des parachutes (voir chap. III).



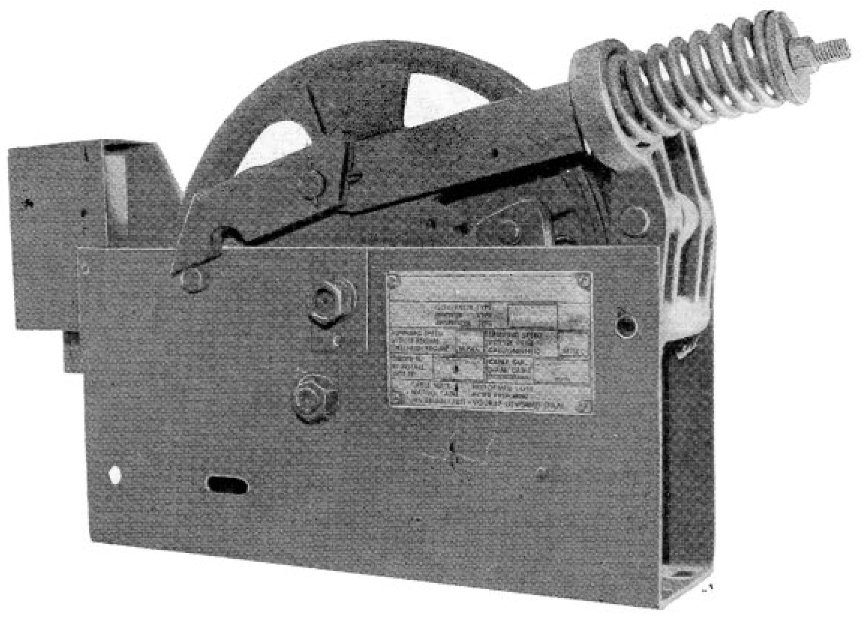
DOCUMENT ASCINTER-OTIS

FIG. 76. — *Régulateur de vitesse à boules.*

E. — Attaches de suspente

Lorsque les appareils sont mouflés par un nombre pair de brins, 2, 4 ou 6, les extrémités de la nappe de câbles sont situées en machinerie (fig. 27-29).

Une extrémité comporte une fixation rigide, l'autre un système élastique



DOCUMENT WESTINGHOUSE

FIG. 77. — *Régulateur de vitesse à levier à bascule.*

par ressorts. Le dispositif est analogue, mais inversé, aux attaches sur cabine et contrepoids.

Les points de suspente peuvent être assez éloignés l'un de l'autre et nécessitent dans ce cas une machinerie assez spacieuse.

F. — Appareillage électrique - Armoire

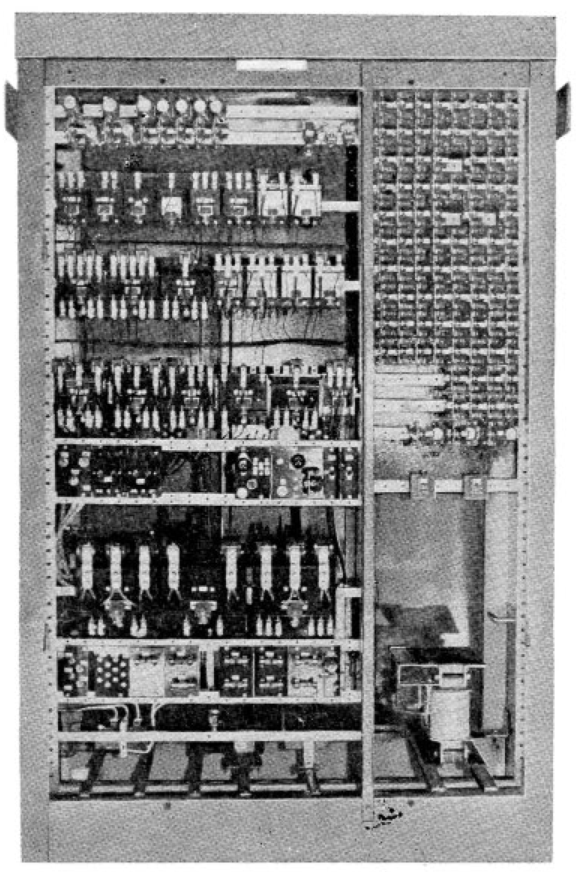
L'appareillage électrique comprend la ou les armoires de commande. Le volume et la surface au sol qu'elles occupent sont parfois importants.

Les armoires sont en général en tôle d'acier et munies de portes qui permettent de visiter les divers éléments qui la composent aussi bien de l'avant que de l'arrière.

Alors que pour une simple manœuvre à blocage une petite armoire peut renfermer l'ensemble des commandes de l'appareil, pour les installations complexes, manœuvres en duplex, triplex, etc., avec entraînement par système à voltage variable, le volume et le nombre des armoires est beaucoup plus important.

On peut se référer approximativement aux dimensions suivantes d'après

le type de manœuvre; elles sont données à titre indicatif afin de tenir compte de leur emplacement dans la machinerie :



DOCUMENT WESTINGHOUSE

FIG. 78. — *Armoire d'appareillage à relais conventionnels pour manœuvre sélective. Au bas de l'armoire se trouve le bloc d'alimentation. Au-dessus de celui-ci les contacteurs de puissance et enfin, dans la partie supérieure, les relais assurant les diverses fonctions.*

Manœuvre	*Hauteur*	*Largeur*	*Longueur*
Blocage	0,80	0,30	0,60
Collective descente	1,20	0,40	0,80
Collective montée-descente	2,00	0,40	1,00 à 1,20

En manœuvre en batterie, il est nécessaire de prévoir une armoire individuelle par appareil, plus une ou deux armoires communes aux appareils.

Avec le système à voltage variable, le groupe convertisseur (un par appareil) occupe une surface au sol de 0,50 m de large sur 1 m à 1,50 m de longueur suivant la puissance.

Enfin, certains constructeurs prévoient les organes d'arrêt en machinerie (fig. 59).

Les armoires renferment les éléments qui contribuent à assurer les commandes : contacteurs de puissance, relais, transformateurs et rédresseurs de courant les alimentant.

Cette partie, qui représente le cerveau de l'ascenseur, est si importante qu'un seul ouvrage pourrait lui être consacrée. Nous nous limiterons ici à l'essentiel de leur composition sans entrer dans le détail des éléments secondaires; résistances, valves, condensateurs et, dans les techniques avancées, transistors remplaçant les relais, diodes, etc. qui contribuent au fonctionnement ou en constituent même le fondement.

On peut diviser les constituants d'une armoire, quel que soit le type de manœuvre, en trois parties :

1. — Le bloc d'alimentation;
2. — Les appareils et circuits de puissance;
3. — Les relais assurant les diverses fonctions.

1. — Bloc d'alimentation

Le bloc d'alimentation est généralement constitué par un ou plusieurs transformateurs et redresseurs. Les transformateurs ont pour but d'abaisser la tension du réseau à une valeur telle que, après redressement, elle corresponde à la tension sous laquelle les bobines des contacteurs ou relais électromagnétiques de type conventionnel ou, dans les appareillages transistorisés, les diverses électrodes des transistors sont alimentés.

La tension distribuée par le bloc d'alimentation varie suivant les constructeurs. Cette tension se retrouve sur les contacts des diverses boîtes à boutons de commande sur paliers ou en cabine, et sur ceux des organes d'arrêt ou de sécurité dispersés dans l'installation.

Elle est très inférieure à la tension du réseau pour des raisons de sécurité.

Les redresseurs sont destinés à donner au courant une autre nature que celle du réseau. Celui-ci fournit un courant alternatif à 50 périodes/seconde. Les contacteurs, relais, frein électromagnétique, came mobile, alimentés directement par un courant alternatif, produisent un ronflement dont le bruit est particulièrement gênant. Le redresseur supprime la partie négative de l'alternance, de sorte que le circuit magnétique de ces éléments n'est plus sollicité par deux forces de sens contraire tous les centièmes de seconde. Le ronflement est ainsi supprimé.

2. — Circuits de puissance

Les circuits de puissance assurent l'alimentation directe du moteur. Dans tout appareillage, on trouve deux contacteurs : l'un destiné à la montée, l'autre à la descente. Le calibre des contacteurs varie selon la puissance des moteurs, mais chaque contacteur couvre une gamme assez étendue de puissances. Généralement, les constructeurs qui fabriquent eux-mêmes leurs contacteurs en possèdent deux types courants. Dès que la puissance excède le calibre du plus fort, ils font appel aux constructeurs spécialisés dans l'appareillage électrique.

Lorsque l'installation est actionnée par le système à voltage variable, les deux contacteurs principaux sont destinés à effectuer le couplage étoile/triangle du moteur alternatif du groupe convertisseur. L'inversion de sens de marche est réalisée sur les circuits d'excitation soit du moteur de traction, soit de la génératrice par de petits contacteurs auxiliaires.

3. — Relais

Le rôle des relais est essentiel dans la marche de l'appareil. Ce sont eux qui constituent les « fonctions » dont nous parlerons dans la suite (chap. V, par. IV « Manœuvres »).

Les grands constructeurs réalisent eux-mêmes leurs relais dont le nombre justifie la fabrication en petites séries de quelques milliers. Les autres se les procurent chez des fabricants spécialisés dans le domaine de la commutation des courants faibles.

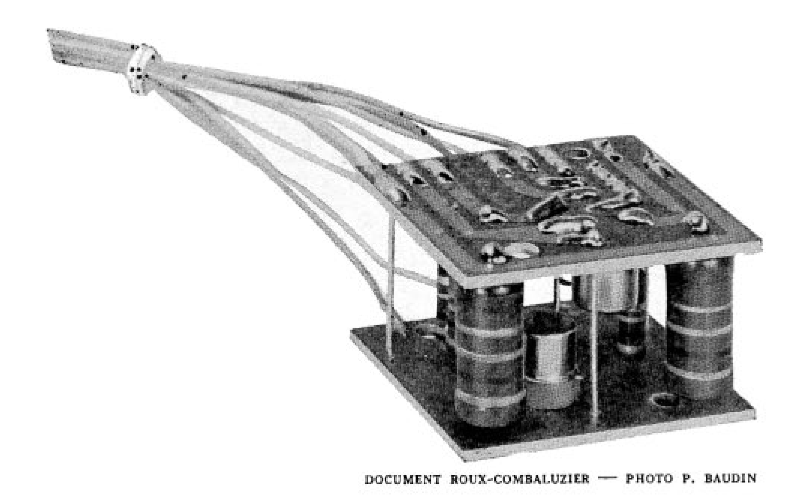
Actuellement, ces éléments sont parfaitement au point et ne sont pas les principaux générateurs de pannes.

Jusqu'à ces dernières années et à l'heure présente, les relais utilisés sont en grande majorité, du type électromagnétique, c'est-à-dire composés d'une bobine qui, parcourue par un courant de commande, provoque la fermeture ou l'ouverture simultanée d'un certain nombre de contacts électriques, chacun de ces derniers assurant directement ou établissant ou coupant des circuits destinés à assurer une fonction particulière. Le nombre de contacts, relativement faible (une cinquantaine) dans une manœuvre à blocage pour un ascenseur de huit niveaux, par exemple, peut devenir assez important (quatre ou cinq mille) dans une batterie de quatre appareils commandés par une manœuvre à enregistrements.

C'est dire que la probabilité de panne est alors plus importante. Ces relais sont en effet installés dans des conditions de travail insensées. Les machineries sont souvent encore, au moment où l'ascenseuriste monte les armoires d'appareillages, le siège de travaux de maçonnerie ou d'autres corps d'état. C'est fréquent, et les maîtres d'œuvre n'y attachent suffisamment pas d'importance. Les contacts sont souillés par la poussière de ciment et, malgré les nettoyages, ne peuvent retrouver leur état primitif. Nous pensons qu'il est possible d'éviter ces méthodes. Il ne viendrait nullement à

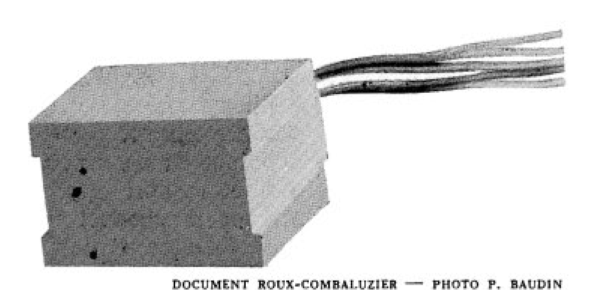
l'esprit de quiconque de faire installer le central téléphonique dans une pièce en pleins travaux. Or, les techniques de commutation de l'ascenseur sont similaires à ces dernières.

C'est pour éviter ces défauts en suivant les progrès réalisés dans le domaine



DOCUMENT ROUX-COMBALUZIER — PHOTO P. BAUDIN

FIG. 79. — *Relais statique à transistor et circuit imprimé. Vue de l'ensemble électronique.*



DOCUMENT ROUX-COMBALUZIER — PHOTO P. BAUDIN

FIG. 80. — *Relais statique. Bloc fermé étanche.*

des circuits logiques que les constructeurs ont tendance à délaisser les relais conventionnels au profit des relais statiques, purement électriques, dépourvus de tout contact électromécanique. Les relais statiques sont constitués par des circuits élémentaires composés de transistors ou autres composants, de résistances, condensateurs, valves, etc. (fig. 79, 80 et 81), tous éléments stables et de grande fiabilité, montés sur des circuits imprimés.

Les propriétés essentielles de ces relais sont maintenant bien connues :

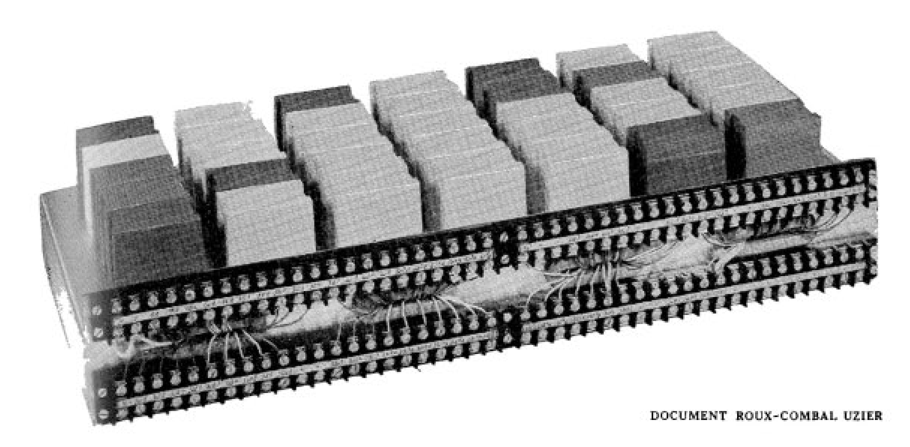


Fig. 81. — *Ensemble logique de relais statiques à transistors.*

— indifférence vis-à-vis des poussières ou de l'atmosphère;
— sécurité de fonctionnement due à un manque presque total d'usure;
— entretien pratiquement nul.

Comme le relais conventionnel, le relais statique se comporte en interrupteur bi-stable à courant continu. Il fonctionne par tout ou rien; suivant le signal qui est appliqué à son circuit d'entrée, il crée un autre signal à son circuit de sortie, lui-même utilisé à son tour vers d'autres relais.

La transmission des signaux est instantanée et le temps de réponse de l'ensemble en est écourté d'autant.

Les progrès de l'électronique et en particulier ceux réalisés dans la fabrication des semi-conducteurs apportent aux problèmes des ascenseurs des solutions nouvelles et originales. Les constructeurs se sont tous penchés sur ces questions et certains ont déjà produit des réalisations importantes et assez nombreuses pour que leur expérience soit devenue assez étendue.

CHAPITRE III

SÉCURITÉ

I. — Généralités

Dans son livre paru en 1930 sur *La responsabilité des accidents causés par les ascenseurs et l'article* 1384 *du Code civil,* Paul Magnin, définissait l'ascenseur dans ses rapports avec la sécurité comme étant « le type de ces appareils sur lesquels l'action de l'homme est impuissante à partir du moment où ils ont reçu l'impulsion première. Si un accident se produit, la victime n'a rien pu faire pour l'empêcher ».

L'établissement de certaines réglementations s'est basé sur la seule statistique officielle que nous possédons en France, celle tenue par l'état-major du régiment des sapeurs-pompiers de Paris, intitulée *Sauvetage et évacuation de personnes dans le département de la Seine :* voir le tableau reproduit en page suivante.

Les interventions des pompiers sont classées en quatre groupes :

— personnes bloquées dans une cabine;

— personnes coincées entre cabine et palier;

— personnes engagées sous la cabine;

— personnes tombées dans la cage.

Alors qu'en 1951/1952, au moment de la parution de l'ordonnance interpréfectorale, le nombre d'appareils était de 25 000, il est actuellement de 50 000 environ dans la Région parisienne. La moyenne des parcours quotidiens effectuée par un ascenseur est de 3 000 m, ce qui, compte tenu de la période de vacances, correspond à 1 000 km par an. La distance totale annuelle parcourue est donc de 50 000 000 km environ.

Le nombre de passagers, de l'ordre de 200 par jour et par ascenseur, donne un total annuel d'environ 3 milliards pour la Seine (Il est de plus de 20 milliards aux États-Unis).

Le temps d'occupation de ces appareils peut alors être évalué, à raison de 20 s par passager, à 16 000 000 h.

On peut donc en conclure que bien que les risques d'accidents (accidents

SAUVETAGES ET ÉVACUATIONS DE PERSONNES
DANS LE DÉPARTEMENT DE LA SEINE
(STATISTIQUES DU CORPS DES SAPEURS-POMPIERS DE PARIS)

	Bloqués dans une cabine			*Coincés entre cabine et palier*			*Engagés sous cabine ou entraînés dans sa chute*			*Tombés dans cage*		
	Cas	*Vivant*	*Mort*	*Cas*	*Vivant*	*Mort*	*Cas*	*Vivant*	*Mort*	*Cas*	*Vivant*	*Mort*
1954	30	53		11	10	2	4	4		3	3	3
1955	38	63		6	2	4	2	2		2	1	1
1956	57	93		7	7		1		1	3	3	
1957	69	110		6	5	1	2	2		4	3	1
1958	90	161		14	13	1	Chute 1	2				
1959	150	246		7	5	2				5	5	
1960	200	345	1	17	17		Chute 1	1		6	4	2
1961	263	497		10	10							
1962	258	486		21	20	1	Chute 1	1		4	5	
1963	335	562		13	12	2	Chute 1		1	2	2	
1964	345	594		11	10	1	Chute 1	4		1	1	
1965	396	755		15	11	4	Chute 1	1		3	3	
1966	497	939		18	17	1	0			4	4	
1967	542	949		12	11	1	0			4	3	1

pouvant être dus à la négligence, l'étourderie ou l'imprudence des usagers ou passagers) aient été et soient toujours très faibles, eu égard au nombre de personnes empruntant ces appareils, aux grandes distances parcourues par ceux-ci et au temps important d'occupation par les usagers, la législation s'est fait un devoir de les prévenir.

Nous avons évoqué au chapitre premier l'ensemble des textes qui régissent actuellement les ascenseurs et monte-charge. Ils visent tous :

— la protection des personnes transportées ou circulant aux abords de l'appareil et celle du personnel d'entretien;

— la protection du matériel.

La réglementation actuelle a consacré un ensemble de dispositifs de protection que la plupart des constructeurs avaient déjà adoptés.

La norme NF P 82 201 rend obligatoire leur application en précisant les limites dans lesquelles les dispositifs peuvent être utilisés et les appareils, eux-mêmes, installés.

Les deux types de protection ci-dessus, protection des personnes et du matériel ont, en fait, des actions réciproques; c'est ainsi que le parachute, dans sa nouvelle conception, vise non seulement à assurer la sécurité des passagers, mais également à éviter la dislocation de la cabine pendant son action. Toutefois, pour plus de clarté, cette distinction sera conservée.

Avant d'aborder l'étude des dispositifs de sécurité, il convient de signaler que bien qu'ils soient soumis à certaines règles renfermées dans des textes nécessairement assez étroits, leur valeur propre à l'égard de la fonction qu'ils doivent remplir dépend également de leur conception, du soin de leur construction et de la qualité des matériaux utilisés. Ces dispositifs ne sont pas soumis en France, comme cela se fait dans certains pays comme l'Allemagne, à un agrément préliminaire.

Nous pensons que c'est une lacune en raison de l'importance indiscutable qu'ils revêtent sur ce point. Il en est ainsi des serrures qui doivent, comme nous le verrons plus loin, répondre à certaines normes de protection, mais dont on ne sait pas *a priori* si les axes, par exemple, supportant les contacts ne seront pas affectés, au bout de quelques mois de service, par une usure qui rendra le circuit électrique inopérant.

Le parachute doit subir tous les ans un essai de fonctionnement, consigné dans le livret d'entretien. C'est très bien. Mais un parachute ne fonctionne pratiquement jamais en dehors de ces essais. Une serrure, par contre, fonctionne plusieurs fois par jour, mais quant à elle rien n'est prévu. On sait cependant qu'elle est le principal organe de sécurité.

Successivement, nous allons considérer :

— la protection des personnes;

— l'ascenseur et l'incendie : en raison de l'importance de plus en plus grande de cette dernière question et des problèmes qu'elle pose, un paragraphe spécial lui sera consacré;

— la protection du matériel.

II. — Protection des personnes

La protection des personnes s'effectue pour les usagers et pour les passagers et ici, également, certains dispositifs contribuent aux deux, ensemble.

Nous étudierons successivement :

— les parois et entourages de la gaine;
— la paroi lisse et le seuil de sécurité;
— les portes palières et leurs serrures;
— le parachùte;
— les sécurités diverses.

A. — *Parois et entourages de la gaine*

On désignait autrefois l'espace dans lequel circulait la cabine ou la benne par les mots « puits », « cage », ou « trémie ». La terminologie s'est fixée sur l'appellation « gaine » de l'espace clos dans lequel se déplacent, cabine ou benne et contrepoids, ensemble ou séparément.

Le côté de la gaine sur lequel se trouvent les portes est appelé « face de service ». Plusieurs faces de service peuvent être prévues et on verra, au chapitre « Implantations », les problèmes que pose cette disposition.

On avait l'habitude autrefois d'installer l'ascenseur dans le vide de la cage d'escalier. Une nouvelle disposition s'est répandue peu à peu de placer l'ascenseur dans une gaine maçonnée qui doit lui être exclusivement affectée. Elle ne doit en particulier ne renfermer ni canalisation ni organe, quels qu'ils soient, étrangers au service de l'appareil.

La gaine, constituée soit par des parois pleines en maçonnerie ou autre matériau, soit par des parois grillagées, doit être entièrement close sur toute la hauteur.

Cependant, une exception est apportée à cette prescription suivant certaines catégories d'appareils. Ainsi il est admis que :

— pour les appareils destinés au transport des charges (accompagnés ou non);

— pour les appareils à installer dans des bâtiments anciens lorsque le seul emplacement disponible est le vide d'escalier;
a hauteur des parois de protection peut être limitée aux valeurs ci-après :

— 1,80 m perpendiculairement au rampant de l'escalier à partir du nez des marches :

— 2 m aux paliers : Mais ceci à la condition expresse que les faces de service soient obturées sur toute la largeur de la cabine par des parois formant avec les portes palières une protection ininterrompue sur toute la hauteur de la gaine. (Si cette condition ne peut être réalisée, la cabine doit être munie d'une porte avec serrure automatique positive ou post-positive avec condamnation électrique).

Les hauteurs ci-dessus peuvent être réduites de l'excédent sur 20 cm de la distance horizontale qui sépare ces parois de l'organe mobile. Dans ces conditions, la distance entre le sol du palier et l'organe mobile conserve la même valeur de 2,20 m.

Si plusieurs appareils sont installés dans une même gaine, les jeux minima entre organes des appareils contigus doivent être respectés : — 0,40 m entre bord du toit de cabine de l'un et organe mobile le plus proche de l'autre (ce jeu peut être réduit à 5 cm si une affiche est apposée dans le local de machinerie prescrivant que pendant les travaux d'entretien d'un appareil nécessitant la présence du personnel dans la gaine, le ou les appareils contigus doivent être mis à l'arrêt par ouverture de l'interrupteur principal.

B. — *Résistance mécanique*

« Quel que soit le matériau utilisé, les parois de la gaine doivent présenter une résistance mécanique suffisante pour que, sous l'action d'efforts raisonnablement prévisibles et auxquels elles peuvent être éventuellement soumises, elles ne subissent aucune déformation ou destruction nuisible au bon fonctionnement et à la sécurité. »

En ce qui concerne les parois maçonnées, elles remplissent presque toutes cette condition. Elles sont construites avec des matériaux traditionnels, briques, carreaux de ciment, bêton armé, qui résistent aisément à ces efforts raisonnablement prévisibles : meubles appuyés lors d'un déménagement, échelle pour l'entretien ou la réparation dans l'immeuble, etc.

Mais la réglementation apporte des précisions pour les parois métalliques grillagées et les parois vitrées.

Dans le cas des parois grillagées, les mailles sont fonction de sa distance avec les organes en mouvement. Leurs dimensions peuvent être :

— au maximum de 1 cm × 6 cm, pour une distance $\leqslant$ à 8 cm;

— au maximum de 3 cm × 6 cm, pour une distance $>$ à 8 cm et $\leqslant$ à 30 cm;

— au maximum 7,5 cm × 7,5 cm, pour une distance $>$ à 30 cm.

Mais, au-dessus des 1,80 m et 2 m prévus ci-dessus, les mailles peuven avoir au maximum 7,5 × 7,5 cm, quelle que soit la distance.

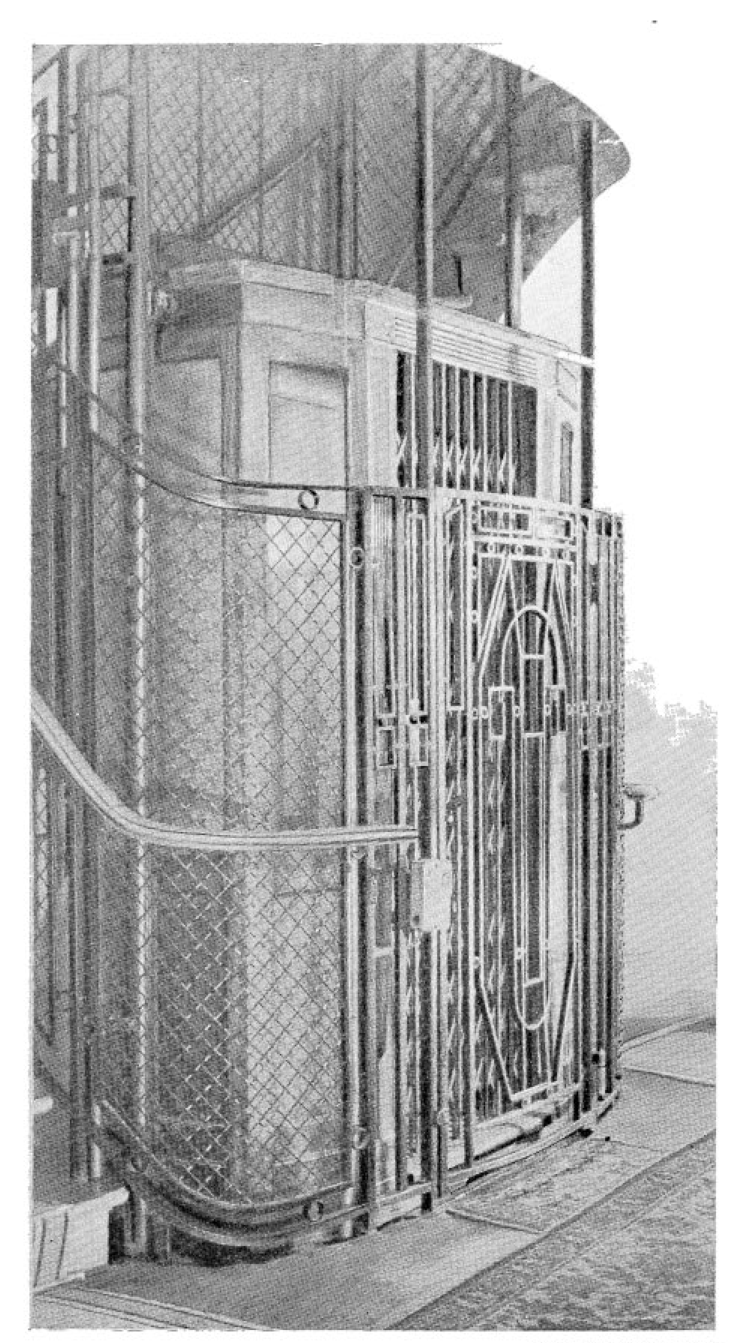
Les parois grillagées ne sont pratiquement plus utilisées que dans les remplacements d'anciens appareils ou dans la création d'appareils dans les vides d'escalier des bâtiments anciens. Elles présentent alors l'avantage de laisser passer la lumière sans qu'il soit besoin parfois d'apporter des modifications à l'installation électrique existante (fig. 82 et 83).

Les parois vitrées peuvent être utilisées dans les conditions suivantes :

— verre ordinaire pour les surfaces $\leqslant$ à 0,0650 m^2 et dont la plus grande dimension horizontale ne dépasse pas 7,5 cm;

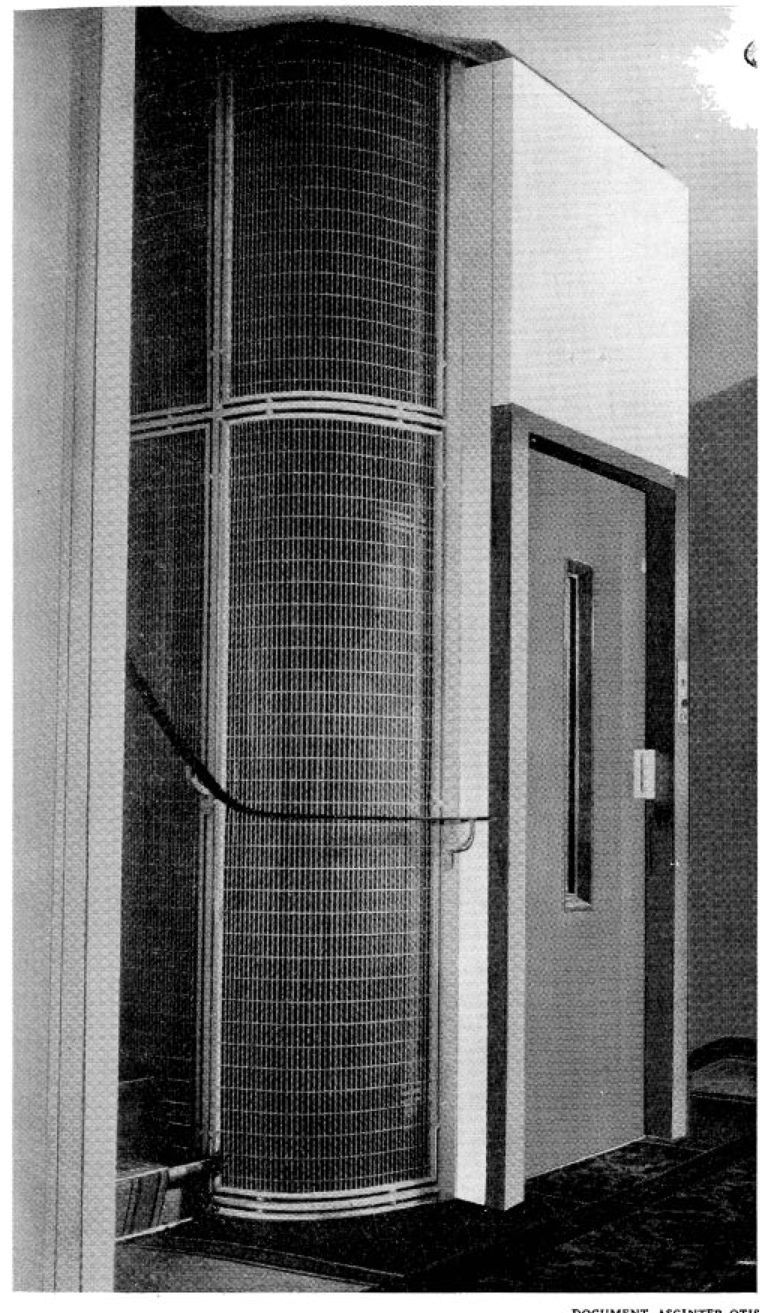
— verre ordinaire doublé par une paroi grillagée, vitre de sécurité, verre armé pour les surfaces $>$ à 0,0650 m^2 ou $\leqslant$ à 0,0650 m^2, lorsque la plus grande dimension horizontale dépasse 7,5 cm.

Les parois entièrement vitrées en glaces sont rares en raison de leur prix



DOCUMENT ASCINTER-OTIS

FIG. 82. — *Ancien appareil avec protections grillagées, porte ferronnerie. Ces appareils présentaient un danger réel pour les usagers.*



DOCUMENT ASCINTER-OTIS

Fig. 83. — *Le même appareil après mise en conformité avec la réglementation en vigueur.*

de revient élevé, mais elles ont donné cours à quelques réalisations dont certaines sont des réussites. Leur transparence laisse passer la lumière et conserve l'impression de profondeur. Mais pour l'installateur de l'ascenseur, elles représentent un problème difficile pour l'adaptation et la fixation de certains organes. D'autre part, les serrures, organes d'arrêt en gaine, arcades de cabine, pendentifs, ne sont pas esthétiques. Leur entretien peut apporter des taches de graisse, des écoulements d'huile qui nuisent à l'effet qu'on désirait obtenir.

Il faut également que ces parois satisfassent aux conditions normales de résistance mécanique ci-dessus et de résistance au feu que nous verrons plus loin.

C. — Paroi lisse

Il s'agit ici, non pas de la paroi elle-même, mais de la surface interne de la paroi de la gaine face à la baie de la cabine.

Les appareils à paroi lisse ou continue ont vu le jour en Suisse aux environs de 1945 et se sont répandus rapidement dans certains pays d'Europe occidentale en raison de la commodité qu'elle apportait en supprimant les portes battantes de cabine s'ouvrant vers l'intérieur.

Avec la paroi lisse, la porte de cabine est supprimée.

Cette disposition est admise :

a) *pour les appareils dont la vitesse est inférieure ou égale à* 0,50 *m/s* (ce sont donc surtout les monte-charge), lorsque la cabine est à simple service et à condition que la paroi de la gaine faisant face au service soit entièrement continue et comporte des portes palières pleines dont le nu intérieur est à l'aplomb de la gaine, sans aucune saillie susceptible de causer des accidents. De plus, chaque porte palière doit comporter une condamnation électrique du type à arrachement ou un dispositif équivalent.

D'autre part, les jeux entre cabine et paroi doivent répondre aux dimensions suivantes :

— le jeu entre le seuil de cabine et la gaine ne doit pas dépasser 2 cm;

— le jeu entre la traverse supérieure de l'encadrement de la baie-cabine et la gaine doit être égal à 12 cm $\pm$ 1 cm lorsque la hauteur libre de cette baie est inférieure à 2,50 m;

— le jeu entre les montants verticaux de l'encadrement de la baie-cabine et la gaine doit être inférieur ou égal à 2 cm.

Dans le cas particulier d'appareils à plusieurs services destinés au transport des charges accompagnées, la paroi lisse peut être prévue dans les conditions ci-dessus et à condition de réserver sur le plancher, le long d'un des côtés de la cabine constitué par une paroi pleine, un emplacement libre, matériellement délimité, d'une largeur minimale de 0,35 m.

La boîte de commande des envois doit être placée sur cette paroi aussi

près que possible de son axe vertical. La matérialisation de l'emplacement peut être réalisée à l'aide de bandes de couleur peintes sur le plancher de la cabine. Le gardien de la chose doit veiller au maintien libre de cet emplacement.

b) *pour les appareils de vitesse supérieure à* 0,50 *m/s et inférieure ou égale à* 1 *m/s dans les immeubles d'habitation et* 1,50 *m/s dans les autres installations* aux conditions prescrites ci-dessus et en outre aux conditions supplémentaires suivantes : « la paroi verticale, en regard de l'accès resté libre de la cabine, doit être non seulement continue, mais composée d'éléments lisses tels que pièces métalliques peintes ou inoxydables, bois ciré ou verni, enduit lisse en ciment, matière dure recouverte d'une peinture à l'huile ou matériau équivalent en ce qui concerne le frottement; aucune saillie ne doit être supérieure à 5 mm, les saillies en montant de 0 à 1 mm doivent être munies vers le bas d'un arrondi de 1 mm de rayon, les saillies en montant de 1 à 5 mm doivent être munies à la partie inférieure de chanfreins à 75° par rapport à l'horizontale, les saillies en descendant de 3 à 5 mm doivent être munies à la partie supérieure d'un chanfrein semblable. *Cette paroi (y compris les portes palières) doit être d'une couleur différente de celle de l'intérieur de la cabine.*

En outre, pour les appareils laissés à la libre disposition des usagers, un dispositif spécial de protection doit provoquer l'arrêt de l'appareil quand est introduit entre le seuil de cabine et la paroi de la gaine un corps susceptible de se coincer entre eux. Cet arrêt doit intervenir, soit avant le coincement lorsque le corps s'approche de la zone du seuil, soit dès le début du coincement et avant qu'il ait pu produire des effets dangereux.

Si le dispositif de protection est à fonctionnement mécanique, l'effacement du seuil et de son garde-pied doit laisser un espace libre entre gaine et seuil compris entre 5 cm et 8 cm. Dans ce cas, le dispositif qui provoque l'arrêt de l'appareil doit fonctionner par arrachement dès que l'effacement du seuil dépasse 1 cm. Si le dispositif spécial de protection est à fonctionnement photo-électrique ou ultra-sonique, toutes précautions doivent être prises pour pallier la défaillance éventuelle de l'organe récepteur.

Dans le cas des cabines à plusieurs services faisant face à des parois lisses :

— les appareils destinés au transport des personnes dans les immeubles à usage d'habitation ou à usages commerciaux ne doivent comporter qu'un service sans porte. Les portes du ou des autres services doivent être munies d'une condamnation électrique. L'installation de portes extensibles est admise à condition qu'elles satisfassent aux spécifications du paragraphe 2-213-11 (4e alinéa), (spécifications que nous avons énumérées lors de l'étude des grilles articulées);

— les appareils spécialisés dans le transport des charges accompagnées peuvent comporter plusieurs services sans porte sous réserve de satisfaire aux conditions fixées au paragraphe 2-213-121 (dernier alinéa) (emplacement réservé).

VITESSE SUPÉRIEURE A 1 m/s (IMMEUBLES D'HABITATION)
ET 1,50 m/s (AUTRES INSTALLATIONS)

Pour les appareils dont la vitesse est supérieure à 1 m/s (immeubles d'habitation) et 1,50 m/s (autres installations), la cabine doit être munie d'une porte (ou d'autant de portes que la cabine comporte de services).

On voit ainsi le luxe de précautions dont s'entoure le législateur. Il semble que malgré tout certains accidents, très rares, soient encore à déplorer, accidents généralement dus à des imprudences qui pourraient être considérées paradoxalement comme volontaires, et le plus souvent d'enfants mal surveillés. Doit-on pour cela condamner un système qui a certainement apporté l'amélioration la plus originale et la plus efficace au problème du transport vertical ?

Cependant, il est à remarquer que si pour les appareils dont le nombre de niveaux ne dépasse pas sept ou huit, la paroi lisse représente encore une économie, au-delà, le prix de sa réalisation (la verticalité, la rigidité devant être effectuées avec le plus grand soin) couvre le prix d'une porte automatique de cabine (la porte palière étant alors du type battant à un vantail).

Notons également que dans l'article 11 *b* de la circulaire ministérielle du 30 avril 1945 relative à l'application du décret du 23 avril 1945 (dont nous avons fait mention plus haut au chapitre premier) relative aux ascenseurs et monte-charge utilisés dans les établissements commerciaux et industriels « la présence de portes de cabine doit être considérée comme constituant la règle générale, la dispense (*pour la suppression de porte-cabine et l'utilisation de la paroi lisse*) étant l'exception qu'il vous (*les inspecteurs du Travail*) appartiendra de n'accorder que si la sécurité des travailleurs est assurée dans des conditions au moins équivalentes à celles qui résulteraient de la présence des portes ».

D. — Portes palières et leurs serrures

La description et le fonctionnement des portes palières a déjà été étudié (chap. II) et si nous les faisons intervenir dans le présent chapitre, c'est que, s'intégrant dans la paroi et étant surtout la barrière qui peut s'ouvrir sur l'accident si certaines précautions ne sont pas prévues, elles sont, avec la serrure qui les maintient fermées, l'organe principal des protections.

La porte doit avoir une résistance mécanique analogue à celle prévue pour la gaine et en particulier répondre aux prescriptions relatives aux parois grillagées ou vitrées. Notons en passant que la porte en verre est difficile à installer surtout en ce qui concerne le verrouillage de la serrure.

« Pour les ascenseurs et monte-charge accompagnés ou pénétrables (appareils des groupes I et II), les portes doivent avoir une hauteur libre de 1,98 m au minimum. Cette hauteur ne pourra être réduite que lorsque la hauteur libre du palier n'en permet pas la réalisation; d'autre part, dans le cas où la hauteur possible serait inférieure à 1,90 m, un dispositif sera

réalisé pour limiter les conséquences des chocs éventuels de la tête contre le linteau de porte. »

La gaine, côté baie palière (lorsqu'elle n'est pas constituée par une paroi lisse, c'est-à-dire dans le cas des appareils avec porte de cabine), doit être formée au ras du seuil par une tôle formant garde-pieds ou chasse-pieds. La partie verticale de cette tôle aura une hauteur minimale de 16 cm et devra se terminer vers le bas par une partie oblique dont l'angle avec le plan horizontal doit être supérieur à 60° et si possible à 75°.

Dans les appareils à nivelage ou à isonivelage porte ouverte, la hauteur verticale doit être au moins égale à celle de la demi-zone de nivelage ou d'isonivelage. Cette zone est au maximum de $\pm$ 16 cm du niveau de service correspondant.

a) La serrure positive (à contrôle de pêne préalable)

En parlant d'isonivelage porte ouverte, nous avons indiqué la seule exception de fonctionnement d'un appareil. Dès les premiers ascenseurs, il apparut évident d'empêcher le fonctionnement de ces appareils alors qu'une porte était ouverte et d'éviter que l'on ne puisse ouvrir une porte palière en l'absence de cabine à l'étage correspondant. Aussi, dès le début, les portes furent-elles munies de serrures; mais celles-ci avaient le défaut de pouvoir être atteintes à travers les ferronneries qui constituaient beaucoup de portes. Cela représentait un grand danger si la porte n'était pas soigneusement refermée et verrouillée, l'éclairage des paliers étant de plus à cette époque insuffisant.

Il ne fait aucun doute que dans le passé la majorité des accidents étaient consécutifs à une défaillance des dispositifs de verrouillage des portes palières alors que l'usager pense plus souvent à la rupture des câbles, fait qui ne s'est produit que rarement sur de vieux appareils mal entretenus.

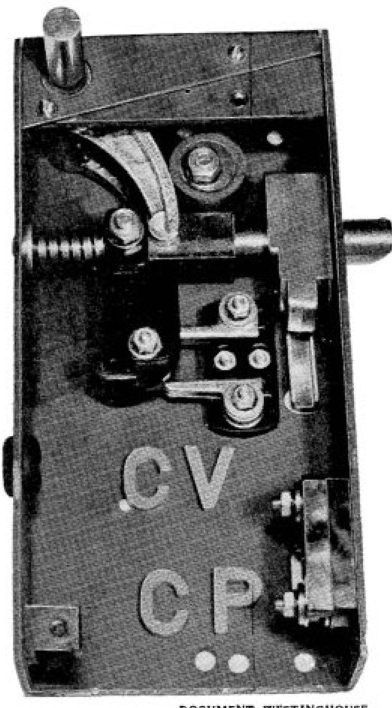
Aussi de nombreuses améliorations ont été peu à peu apportées au système de verrouillage.

Dès 1900, la serrure automatique commandée par une came fixe placée sur la cabine ou la benne et munie d'une condamnation électrique séparée n'autorisait le fonctionnement de l'appareil que lorsque la porte était théoriquement fermée. Un tel dispositif laissait la possibilité d'ouvrir la porte en l'absence de cabine à l'étage, de l'ouvrir au passage de l'appareil, laissait une incertitude quant au verrouillage mécanique après le départ et permettait la mise en marche porte ouverte par suite de défaillance de la condamnation électrique (coincement, soudure des plots).

Après de nombreuses modifications apportées aussi bien à l'esprit qu'à la forme, la norme NF P 82 201 consacre l'obligation pour tous les appareils des groupes I et II (ascenseurs, monte-charge accompagnés ou non mais pénétrables, c'est-à-dire tous les appareils dans lesquels les personnes ont accès) à l'exception des appareils à portes automatiques et ceux dont la course totale n'excède pas 3,50 m, de munir chaque porte palière d'une serrure positive empêchant d'ouvrir ladite porte tant que la cabine n'est

pas arrêtée à l'étage dans une zone maximale de $\pm$ 16 cm.

En résumé, la serrure positive qui comporte l'adjonction, au dispositif



DOCUMENT WESTINGHOUSE

FIG. 84. — *Serrure positive moderne. CV : contact de verrouillage; CP : contact de porte.*

de verrouillage ancien décrit ci-dessus, d'un contact électrique contrôlant l'enclanchement effectif du pêne de la serrure dans sa gâche avant que le départ de l'appareil ne soit possible, l'ensemble, devant former un tout, contribue à deux fonctions fondamentales qu'elle réalise, en ce qui concerne la sécurité, sous forme de deux impossibilités (fig. 84) :

— de départ de l'appareil si toutes les portes ne sont pas fermées et la porte du niveau considéré, verrouillée;

— d'ouverture des portes pendant la marche de l'appareil.

Il s'ensuit nécessairement que si une porte palière est volontairement ouverte à l'aide de la clé de déverrouillage pendant le fonctionnement de l'appareil, celui-ci est immédiatement arrêté.

La serrure positive moderne est donc l'aboutissement de plus d'un demi-siècle de progrès dont le plus important fut celui du groupement en un seul

organe de l'ancienne serrure automatique à laquelle était adjoint le contact de contrôle de verrouillage (appelé aussi contrôle de pêne) et de la condamnation électrique de porte.

« L'ensemble de la serrure et des contacts de contrôle doit être robuste et indéréglable » dit la norme Afnor.

Un deuxième progrès fut réalisé avec le préverrouillage. Désormais, l'appareil ne doit pouvoir partir que lorsque le verrouillage est devenu effectif. C'est le rôle dévolu à la came mobile.

Le fonctionnement est actuellement le suivant :

Premier temps : la fermeture de la porte provoque le fonctionnement du contact de la condamnation;

Deuxième temps : le fonctionnement de ce contact permet l'effacement de la came mobile. Celle-ci, dans son mouvement, libère le maneton qui commande le pêne. Ce dernier entre dans la gâche et verrouille la porte. En fin de verrouillage (de course de pêne), le contact de verrouillage s'établit et autorise le départ.

Troisième temps : départ de l'appareil.

Comme nous l'avons déjà vu, à l'arrivée à l'étage désiré, la came retombe et déverrouille la porte.

Un défaut subsistait encore : si le contact de condamnation de porte était shunté, l'appareil pouvait démarrer sans que le verrouillage effectif de la porte palière ne se soit produit. Un passager effectuant une commande en cabine, celle-ci pouvait quitter l'étage sans que la porte soit réellement verrouillée. Un autre usager se présentant pour prendre l'ascenseur à l'étage considéré pouvait alors ouvrir la porte et tomber dans la gaine en croyant pénétrer dans la cabine.

En effet, le premier temps ci-dessus, étant artificiellement (ou accidentellement) réalisé, ne voulait pas nécessairement impliquer que la porte fut effectivement fermée de sorte que les deuxième et troisième temps pouvaient s'effectuer sans que la porte ne fut dans une position permettant son verrouillage.

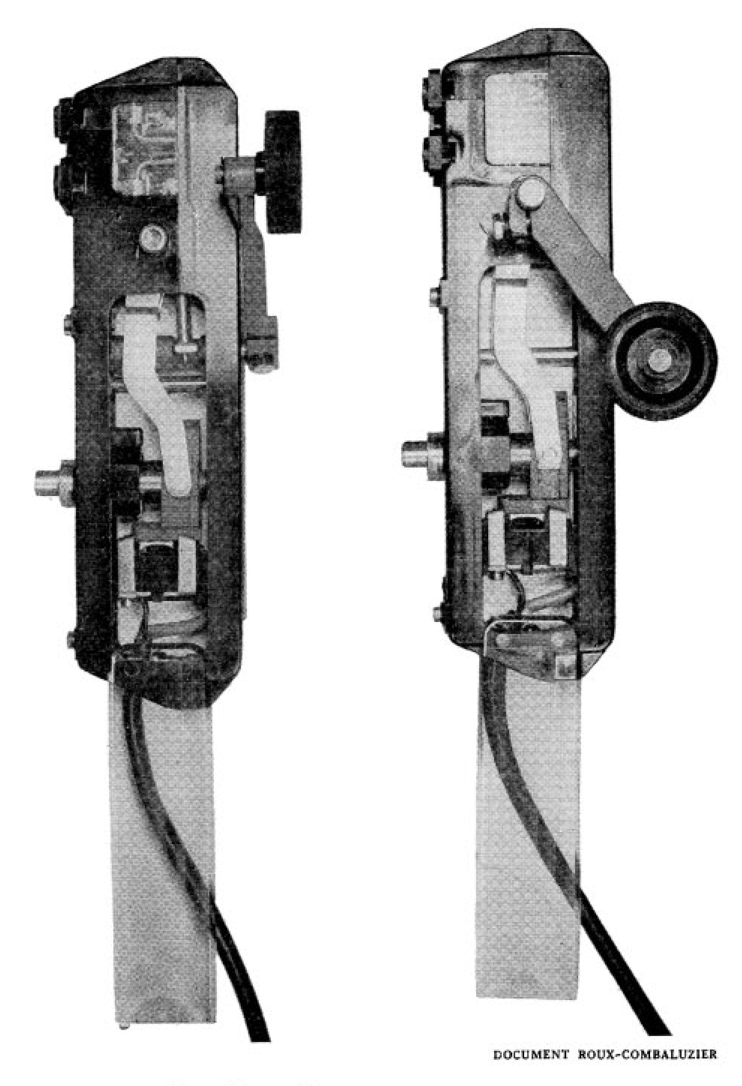
C'est pour cette raison qu'à la rédaction d'août 1959, la nouvelle édition de la NF P 82 201 en janvier 1965 a ajouté le paragraphe suivant :

« La serrure positive doit en outre empêcher le fonctionnement de l'appareil, porte palière ouverte ou non verrouillée, à la suite d'une opération simple et unique effectuée avec ou sans utilisation d'un objet quelconque. »

On trouve alors deux types de serrures :

1) les serrures dont la condamnation de porte est à arrachement, c'est-à-dire dont une partie du contact électrique montée sur la porte est « arrachée » lorsque l'on ouvre la porte et le contact de contrôle de pêne actionné directement ou indirectement par celui-ci (fig. 85).

Ces serrures disposent alors d'un dispositif constitué par deux pièces : l'une dans la serrure, l'autre sur la porte, dont le rôle est d'empêcher le



DOCUMENT ROUX-COMBALUZIER

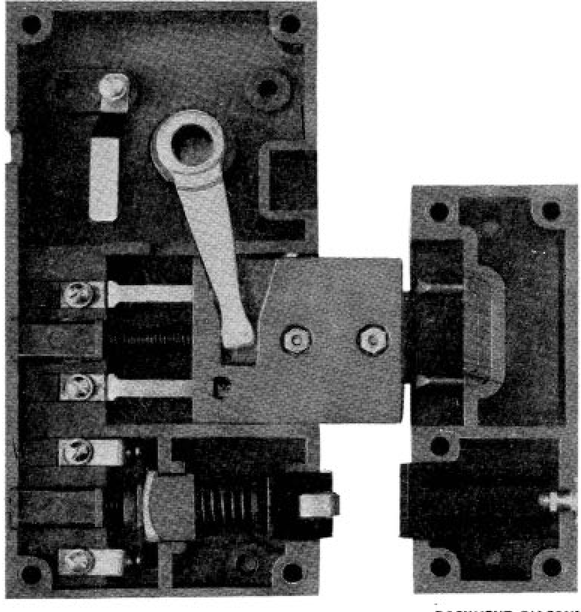
FIG. 85. — *Serrure positive â pène percuteur.*
Le maneton de commande peut être disposé sur l'avant ou sur le côté.

verrouillage si la porte n'est pas complètement fermée. C'est ce que l'on appelle le « contrôle mécanique de pêne ».

Dans ces conditions le défaut que nous signalons ci-dessus est supprimé;

2) les serrures dont le contrôle de pêne est à arrachement, c'est-à-dire dont une partie du contact électrique est monté sur la porte et l'autre dans le pène lui-même, et dont le contact est actionné directement ou indirectement par celle-ci (fig. 86).

Sans autre dispositif, ces serrures évitent le défaut en question. Nous rappelons ce que nous avons dit plus haut, c'est-à-dire que ces serrures sont



DOCUMENT FALCONI

FIG. 86. — *Serrure positive à contact de pêne à arrachement. Le shunt électrique (à droite sur la figure) est placé dans la gâche.*

utilisées pour les portes à fonctionnement manuel à fermeture ou non automatique.

Les serrures positives à contrôle mécanique de pêne ou à contact de pêne à arrachement offrent actuellement une garantie absolue de sécurité.

b) Serrure post-positive (à cóntrole de pêne différé)

« Pour les appareils des groupes I et II dont la course n'excède pas 3,50 m et pour ceux du groupe III, quelle que soit la course, chaque porte palière doit être munie d'une serrure automatique empêchant d'ouvrir ladite porte tant que la cabine n'est pas à l'étage (zone maximale de ± 16 cm) et d'une condamnation électrique qui doit empêcher tout déplacement de la cabine tant que la porte n'est pas dans une position de fermeture suffisante pour permettre au verrouillage d'être effectif quand la cabine est hors des zones de déverrouillage.

La serrure post-positive n'est donc qu'une serrure positive actionnée par une came fixe sur cabine au lieu d'une came rétractable. Lors de l'essai, on attend que la cabine ait quitté la zone de déverrouillage. On tire alors sur la porte. La serrure doit empêcher son ouverture. Ne différant que par un organe, la came mobile, dont le coût dans l'installation ne représente qu'une faible part, on ne voit pas bien la raison qui a dicté au législateur de conserver un système qui présente certains dangers pour l'utilisateur car les serrures post-positives ressemblent parfois aux positives, mais n'ont pas de contrôle mécanique du pêne ou de contact à arrachement de pêne. Elles peuvent donc laisser subsister les défauts signalés plus haut lors du shuntage du contact de porte. D'autre part, la porte peut être ouverte lors du passage de l'appareil.

La serrure post-positive n'existe pratiquement qu'en France et il semble qu'il n'y aurait aucun inconvénient à en supprimer l'emploi.

c) La serrure automatique

C'est l'ancienne serrure dont nous avons exposé les défauts. Elle est utilisée sur les mêmes appareils que la serrure post-positive. Elle comporte en moins le contact de contrôle de pêne, de sorte que si le contact de porte est shunté, toutes possibilités d'accident sont possibles. Son emploi devrait être interdit en raison du danger qu'il représente, car bien qu'utilisée seulement sur des appareils auxquels les personnes ont accès dont la course est de 3,50 m, l'accident s'il se produit est aussi regrettable et peut-être mortel; en ce qui concerne les petits monte-charge, ceux-ci bien que non pénétrables n'en offrent pas moins avec une hauteur libre de 1,20 m et une course quelconque, une possibilité plus grave encore d'accident.

d) Contact de présence

La presque totalité des serrures modernes comporte un contact actionné par le pêne et indiquant que la cabine est à l'étage.

E. — Parachute

Lorsqu'on parle sécurité en ascenseur, on pense « parachute ». Cet organe revêt une importance non négligeable, mais nous avons bien vu qu'il ne représente qu'un des multiples points de cette question. Les accidents dus aux défaillances auxquelles le parachute aurait pu faire face sont pratiquement inexistants. Compte tenu des coefficients de sécurité imposés pour les câbles, de la sûreté avec laquelle est traité le problème de l'adhérence, des diverses autres sécurités dont sont pourvus les ascenseurs, on peut affirmer que les chances de voir se créer les conditions dans lesquelles

le parachute doit entrer en action sont pratiquement nulles. Cependant, il est évident que les appareils dans lesquels les personnes ont accès ne peuvent, dans l'état actuel, en être démunis.

D'après sa définition (chap. I), le parachute a un but unique : limiter la survitesse que pourrait prendre la cabine en descente. Comme tout organe de sécurité, le parachute doit intervenir rapidement. Il est le coup de frein de l'automobiliste face au danger. Mais la position debout des passagers en cabine conduit à des sujetions que toutes choses égales la position assis n'imposerait pas. Les personnes sont en effet très sensibles aux freinages dans la première position. Les passagers étant de toute nature, il a paru nécessaire de limiter la valeur de la décélération.

D'autre part, l'autre organe, le guidage qui contribue à l'arrêt et joue le rôle de la route pour l'automobile, n'a pas, en raison de sa constitution, le même comportement. La prise de parachute laisse des traces de freinage pratiquement ineffaçables et irréparables.

La réglementation a tenu compte de ce double aspect, protection des personnes et conservation du matériel.

Ainsi deux types de parachutes sont admis :

a) les parachutes à prise instantanée dont l'emploi est limité :

— pour les parachutes de cabine aux appareils dont la vitesse de régime n'excède pas 1 m/s,

— pour les parachutes de contrepoids, aux appareils dont la vitesse de régime n'excède pas 1,20 m/s;

b) les parachutes à prise amortie qui peuvent être employés sans limitation de vitesse inférieure ou supérieure.

Chaque parachute doit être déterminé de manière à pouvoir immobiliser une charge au moins égale à la somme :

— du poids de la cabine (ou du contrepoids);

— du poids propre du parachute;

— de tout l'équipement mobile dont le poids peut être appliqué sur le parachute;

— de la charge utile (pour le parachute de cabine seulement).

1. — Obligation d'emploi

Les cabines des appareils des groupes I et II (ascenseurs, monte-charge accompagnés ou pénétrables) doivent être munies d'un parachute.

Cette prescription est imposée par le fait que le passage sous une gaine d'un appareil du groupe III représente un danger.

D'autre part, lorsque la partie inférieure de la gaine n'est pas prolongée jusqu'au sol ferme et s'il n'est pas installé sous les amortisseurs ou les butées une pile de résistance suffisante descendant au sol ferme ou tout autre dispositif équivalent donnant des garanties suffisantes, les

cabines des appareils du groupe III (monte-charge non accompagnés et non pénétrables) doivent également être munies d'un parachute.

Il en est de même pour le contrepoids si sa gaine présente les mêmes caractéristiques.

Les constructions actuelles comprennent deux sortes de réalisations :

— le parachute à rupture qui est toujours à prise instantanée;

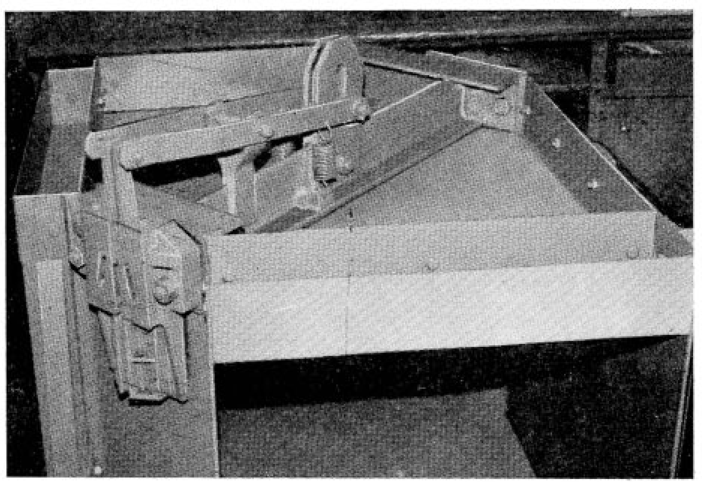
— le parachute à accélération qui peut être instantané ou progressif.

2. — Parachute à rupture (fig. 87)

C'est le plus ancien, car la rupture des câbles ou de tout autre suspente fut bien le premier souci des constructeurs. La qualité des aciers, la technique du câblage n'étaient pas ce qu'elles sont aujourd'hui. L'usure des câbles était plus rapide; il était donc nécessaire de parer à toute éventualité de rupture. Ce type de parachute fut donc le premier à voir le jour.

Il est encore utilisé sur les appareils des groupes I et II à suspension par une ou plusieurs chaînes ou bien par câbles avec treuil à tambour, mais lorsque la vitesse ne dépasse pas 0,50 m/s. C'est donc dans les monte-charge à suspension directe qu'est utilisé ce dispositif. Il est à prise instantanée.

Il est de construction robuste, son principe en est simple : les câbles sont attachés à une sorte de palonnier qui, par un système de leviers du premier genre, maintient légèrement écartées des guidages deux griffes ou,



DOCUMENT ROUX-COMBALUZIER

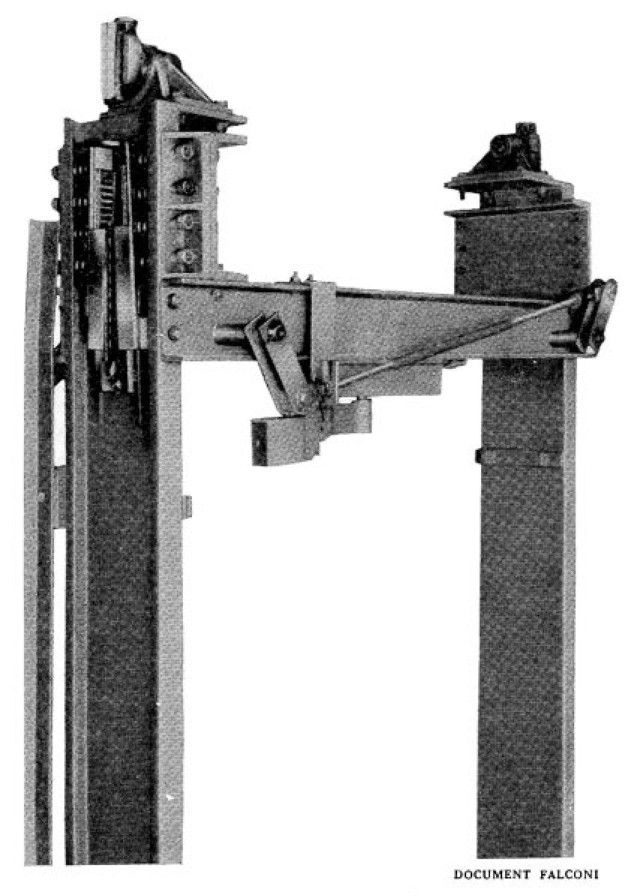
FIG. 87. — *Parachute à rupture de câble pour petit monte-charge.*

dans une autre réalisation, garde en position de repos deux cames à rainures. Les leviers ou cames sont soumis aux efforts de deux ressorts antagonistes qui ont tendance à les faire entrer en contact avec la surface des guides. Si

les câbles se rompent ou simplement se détendent, les ressorts agissent sur ces leviers ou cames qui viennent se bloquer entre le guide et une masse de fonte. Le serrage est positif, c'est-à-dire qu'il est d'autant plus énergique que l'effort est grand.

3. — **Parachute à accélération** (fig. 88, 89 et 90)

Ces types de parachute ont été créés pour les treuils à adhérence pour



DOCUMENT FALCONI

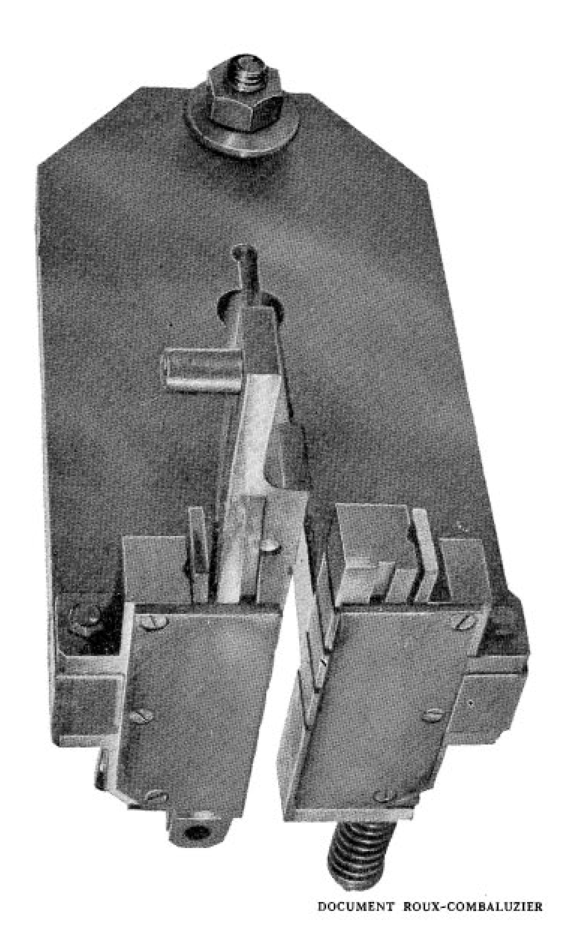
FIG. 88. — *Parachute à prise amortie monté sur la partie supérieure de l'arcade de cabine.*

éviter qu'en cas de perte d'adhérence la cabine chargée n'atteigne une vitesse dangereuse pour les passagers.

Le parachute à accélération est actionné par le régulateur de vitesse que nous avons vu précédemment. Il est obligatoire pour tous les appareils

des groupes I et II du type à adhérence et pour ceux dont la vitesse excède 0,50 m/s, même s'ils sont à suspension par chaînes ou par câbles s'enroulant sur un treuil à tambour.

Le déclenchement du régulateur doit se produire au plus tard lorsque la vitesse de la cabine en descente atteint une valeur égale à la vitesse nominale augmentée de :



DOCUMENT ROUX-COMBALUZIER

FIG. 89. — *Bloc de parachute à prise amortie. Les coins rainurés provoquent l'arrêt progressif sur les guidages.*

— 25 % si la vitesse nominale est supérieure à 2,50 m/s;

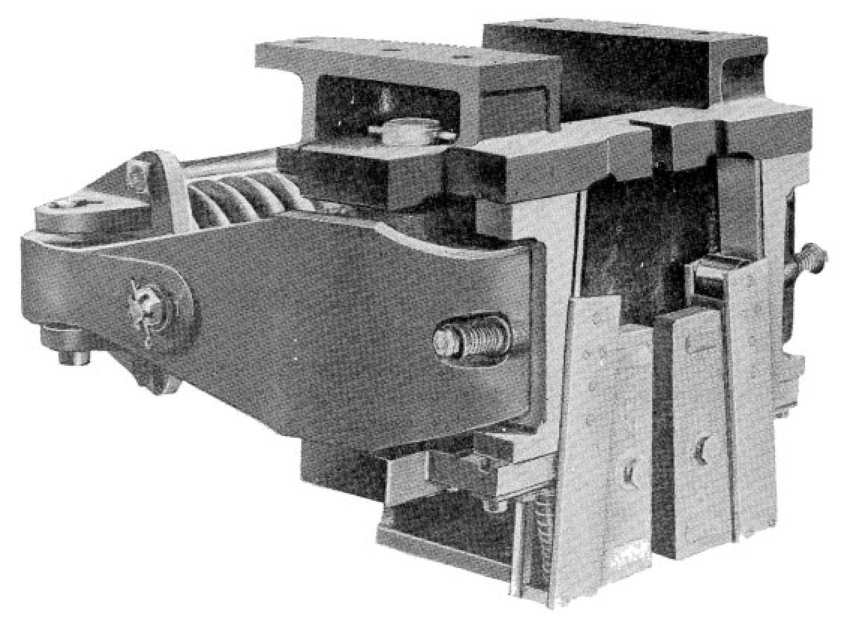
— 30 % si la vitesse nominale est supérieure à 2,00 m/s, sans dépasser 2,50 m/s;

— 35 % si la vitesse nominale est supérieure à 1,50 m/s, sans dépasser 2,00 m/s;

— 40 % si la vitesse nominale est supérieure à 0,80 m/s, sans dépasser 1,50 m/s;

— 50 % si la vitesse nominale est supérieure à 0,40 m/s, sans dépasser 0,80 m/s;

— 50 % si la vitesse nominale ne dépasse pas 0,40 m/s, la vitesse de déclenchement pouvant toutefois atteindre dans ce cas 0,60 m/s.



DOCUMENT ASCINTER-OTIS

FIG. 90. — *Bloc de parachute à prise amortie. Les coins sont guidés par rouleaux.*

L'ensemble parachute/régulateur est constitué de la façon suivante : un câble sans fin (fig. 60) dont les deux extrémités sont reliées au même point du levier de l'arbre de commande du parachute passe, d'une part, dans la gorge de la roue d'entraînement du régulateur en machinerie et, d'autre part, dans celle d'une poulie tendeuse placée en cuvette. Lorsque la vitesse de la cabine atteint la valeur de réglage du régulateur celui-ci provoque le coincement du câble. La cabine continuant sa course, le levier de l'arbre de commande du parachute est nécessairement mis en jeu et ce dernier entre en action.

Le fonctionnement des parachutes est basé sur le principe suivant : une pièce en acier dur, appelé molette ou coin, libérée, vient se coincer entre la masse du parachute et le guidage et provoque l'arrêt de la cabine.

Cet arrêt peut être, d'après la vitesse nominale de l'appareil dont nous avons parlé plus haut soit instantané, soit progressif.

Les parachutes à accélération à prise instantanée sont munis d'une molette; ceux à prise progressive (ou amortie) possèdent un coin rainuré. Alors que la molette, dès qu'elle est libérée, produit un coincement immédiat et un arrêt sur 3 à 5 cm suivant la vitesse et la charge, le coin, par contre, remonte dans son logement et laisse la cabine glisser sur une distance qui dépend de la vitesse et de la décélération que l'on veut obtenir. Celle-ci peut varier entre 5 et 10 m/s² de sorte qu'un appareil de vitesse nominale 3 m/s peut s'arrêter suivant sa charge sur 0,45 m à 0,90 m. Des constructeurs adoptent des valeurs de décélération plus élevées 10 à 20 m/s². Il nous semble qu'elles sont trop importantes en particulier pour le cas ou une prise de parachute se produirait avec, comme passager, une personne âgée ou une femme enceinte. Elles sont en effet supérieures à la décélération d'un parachute à prise instantanée pour une vitesse de 0,80 m/s. La décélération dans ce dernier cas est telle que :

$$\gamma = \frac{V^2}{2e} = \frac{0{,}80^2}{2 \times 0{,}03} = 10 \text{ m/s}^2 \text{ environ}$$

L'arbre de parachute commande également un contact électrique dont l'action de coupure des circuits de contrôle est provoquée au plus tard au moment de la prise. Ceci est en effet nécessaire pour que le moteur ne soit plus sous tension et que le frein soit bloqué, car il ne faut pas perdre de vue que le parachute a un rôle plus général que celui d'entrer en jeu lors d'une rupture de la suspente.

F. — Sécurités diverses

La protection des personnes relève d'un certain nombre d'autres sécurités parmi lesquelles nous citerons :

1. — Trappe de secours

La trappe de secours est obligatoire pour les cabines de plus de huit personnes dans les établissements destinés à recevoir du public.

D'une manière générale, la trappe de secours est située sur le toit de la cabine et il est nécessaire que la surface de cette dernière soit suffisante pour pouvoir la disposer. Elle se trouve le plus souvent en arrière de la traverse supérieure de l'arcade par rapport à l'accès. Elle ne doit pouvoir s'ouvrir que de l'extérieur car on veut éviter que des passagers ne l'utilisent sans pouvoir se rendre compte du danger que cet organe laisse subsister, en particulier lorsque plusieurs appareils sont en batterie.

La trappe de secours est munie d'un contact électrique de condamnation qui empêche la marche de l'appareil pendant son ouverture.

Le réenclenchement de ce contact ne peut être réalisé que par une intervention volontaire. La fermeture de la trappe ne le réenclenche pas automatiquement.

2. — Bouton d'arrêt en cabine

Les cabines des ascenseurs et des monte-charge accompagnés (groupe I) doivent être munies d'un dispositif d'arrêt. Après action sur ce bouton la remise en marche de l'appareil ne doit pouvoir se faire qu'à la suite d'une nouvelle commande effectuée en cabine.

Ainsi, quel que soit le type de manœuvre (à blocage ou collective) et lorsqu'il s'agit d'appareil à paroi lisse, le bouton d'arrêt doit être effectif pendant la marche. Il arrête l'appareil mais, dans le cas de manœuvre collective, ne supprime pas les ordres enregistrés aussi bien à partir de la cabine que des paliers.

Lorsque la cabine est munie d'une porte pleine, l'action du bouton peut être rendue inefffcace pendant que les portes sont fermées. Ceci est venu s'ajouter dans la nouvelle édition de la NF P 82 201 pour éviter un fait qui se produisait souvent : les passagers n'étant pas encore accoutumés en France aux manœuvres enregistrées collectives, montée et descente, appuient souvent sur les deux boutons paliers (en espérant que la cabine viendra plus vite), entrent sans se préoccuper du sens de déplacement indiqué par la flèche; si le passager se trouve seul et constate que la marche ne s'effectue pas dans le sens qu'il désire après avoir effectué une commande d'envoi, il appuie inévitablement sur le bouton d'arrêt pour recommencer sa commande. Tout ceci n'a bien entendu aucun effet car l'appareil obéit aux ordres qui étaient déjà enregistrés pour le sens dans lequel il était en train de se déplacer. Cette maladresse inconsciente a en définitive pour effet de retarder le trafic. Cette nouvelle précision de la norme, tenant compte du fait que dans une cabine munie de porte aucun accident n'est à redouter, est venue heureusement supprimer l'incidence de ces fausses manœuvres. D'autre part, le normalisateur a voulu éviter des arrêts intempestifs, en particulier pour les appareils à grande vitesse.

3. — Sonnerie d'appel

Nous disons bien « appel » et non « alarme » car cette terminologie est prescrite par l'article 2 113 de la NF P 82 205. Par contre, lorsqu'elle parle du circuit d'alimentation de cette sonnerie, la NF P 82 201 l'appelle « circuit d'alarme ».

Quel que soit son nom, ce circuit doit être assuré par une source indépendante de celle utilisée pour l'alimentation de la machinerie et qui doit être maintenue même en cas d'interruption de la distribution électrique du secteur.

C'est pour cette raison que ce circuit est constitué par une alimentation autonome de piles sèches ou par une batterie d'accumulateurs montée avec un chargeur automatique pour maintenir les éléments en état de charge.

Ces circuits sont alimentés en très basse tension, c'est-à-dire *avec une tension inférieure à 50 V.*

Normalement, d'après la norme NF C 15 100 relative aux installations électriques basse tension, ce circuit n'est pas de même catégorie que la plupart des tensions d'alimentation des circuits de commande de l'ascenseur et devrait, de ce fait, se trouver sous un conduit différent. Malgré cela, la plupart des constructeurs utilisent le même pendentif pour les deux catégories de tensions.

Il paraît donc nécessaire soit de modifier cette disposition au point de vue réglementation sur ce point particulier, soit d'interdire purement et simplement le voisinage de ces tensions de catégories différentes par une précision spéciale. Il ne nous semble pas, quant à nous, que ce voisinage soit néfaste et dangereux car la tension principale étant ici la plus élevée des deux tensions et se trouvant sur tous les contacts de commande, aussi bien de cabine que paliers, la tension de 8 ou 12 V de la sonnerie n'apporte ni n'ote rien aux circuits précédents et inversement.

La sonnerie d'appel qui, dans les immeubles anciens où les passagers dans les cabines et les cabines elles-mêmes étaient apparents et où un concierge était presque toujours présent, semblait peut être un élément accessoire, devient de nos jours, avec les cabines à paroi lisse, les portes pleines et parfois l'absence de concierge, une sécurité indispensable.

Elle est le seul organe qui relie le passager avec l'extérieur et dans les immeubles dépourvus de concierge devrait pouvoir être entendue par un responsable, voire même de l'extérieur. Certains immeubles se vident pendant les périodes de congés, et une simple panne peut prendre le caractère d'un drame si un passager se trouve bloqué entre deux étages dans une cabine d'acier.

Nous pensons que dans les immeubles qui n'ont pas de concierge, la cabine devrait obligatoirement être reliée au réseau téléphonique des pompiers ou de police-secours.

4. — Clef de déverrouillage des portes et de la machinerie

Ce point pose également un problème pratique lorsque l'immeuble est dépourvu de concierge.

Il est impossible que toutes les serrures possèdent le même dispositif de déverrouillage, mais il semble là encore utile que dans l'avenir un jeu de clefs avec étiquette-adresse soit déposé chez les pompiers ou police-secours.

5. — Éclairage de la cabine et des paliers

L'éclairage électrique de la cabine a été vu avec la description de celle-ci (chap. II).

En ce qui concerne l'éclairage des abords sur les paliers, il doit être assuré de façon telle qu'un usager puisse voir ce qui se présente à lui lorsqu'il ouvre la porte palière, même en cas de défaillance de l'éclairage de cabine. Cet éclairage doit être en rapport avec l'éclairage environnant et supérieur à 10 lux.

On sent bien ici le souci du normalisateur, à la suite d'accidents survenus à des personnes qui, ayant ouvert la porte palière, sont tombées dans le vide de la gaine, en croyant entrer dans la cabine, accidents consécutifs à une défaillance de la serrure (serrures des types anciens, en général). Il faut que dès que la porte palière est ouverte l'usager se rende immédiatement compte de l'absence éventuelle de la cabine. Nous pensons ici, bien entendu, aux appareils modernes en gaine fermée. L'absence évidente de cabine dans les immeubles anciens où l'ascenseur était dans le vide de l'escalier était et reste l'unique protection contre une lumière encore de nos jours nettement insuffisante.

6. — Dépannage automatique

Il n'est nullement question dans ce paragraphe d'un système miracle qui, lorsqu'un appareil est tombé en panne, en effectue automatiquement la remise en marche. Malheureusement, les progrès de l'informatique et des ordinateurs n'en sont pas encore là et l'intervention humaine reste encore nécessaire.

Cependant, il est un cas qui n'est pas tellement rare où il est possible, à l'aide d'un dispositif assez simple, de dégager les passagers pris dans la cabine entre deux étages.

Ce dispositif est constitué par un petit moteur à courant continu alimenté par une batterie d'accumulateurs qui, à l'aide d'un treuil auxiliaire adapté au treuil principal, permet d'entraîner la cabine jusqu'au niveau voisin. Les accumulateurs sont maintenus en charge permanente par un chargeur.

Le dispositif est en général automatique. Quelques instants après l'arrêt intempestif de la cabine entre deux étages, arrêt dû à une cause tout autre que celle provenant d'un dispositif de sécurité, (coupure de courant, défaillance d'un relais ou d'un contacteur de l'appareillage, disjonction du disjoncteur de ligne, avarie du moteur, etc.), le dispositif entre en action. Un jeu d'organes électriques de commande alimente le moteur de dépannage, débloque le frein du treuil et amène la cabine à un niveau voisin, permettant ainsi aux passagers de se dégager.

Il nous paraît qu'une telle disposition devrait être rendue obligatoire, si l'on considère les deux seules observations ci-après :

1) En 1967, dans le département de la Seine, les déplacements des seuls pompiers ont été de 542 pour dégager 949 personnes bloquées entre deux étages. Les interventions des gardiens d'immeubles ou autres personnes ne sont pas dénombrées, faute de statistiques. Nous pensons pour notre part que là n'est pas la vraie destination du corps des sapeurs-pompiers.

Ces pannes sont certainement dues à toute autre cause que celle d'une défaillance d'un organe de sécurité, et nous avons été amené à constater que l'arrêt entre deux étages n'est généralement pas dû à ce genre de défaut mais plutôt à l'un de ceux énumérés ci-dessus. Le dispositif automatique de dépannage pouvait donc dans la majorité de ces cas éviter ces interventions, le service après-vente du constructeur remédiant par la suite à cette panne, s'il y a lieu.

2) Dans les immeubles de plus en plus nombreux dépourvus de gardien, cet incident peut devenir, il est facile de l'imaginer, dramatique. Des faits sont bien connus où certains passagers se sont trouvés bloqués dans une cabine plusieurs heures, voire plusieurs jours. Cela nous paraît inadmissible.

Nous pensons que ces deux observations justifient l'application obligatoire d'un tel système à l'époque actuelle.

III. — Ascenseur et incendie

Il s'agit encore de la protection des usagers et des passagers. A la suite d'accidents spectaculaires survenus aussi bien à l'étranger qu'en France, accidents où des passagers ont trouvé une mort affreuse, une législation s'est peu à peu constituée qui comporte, outre les paragraphes de la norme NF P 82 201 relatifs à cette question, plusieurs textes législatifs que nous allons examiner en détail.

La norme a une portée générale; elle concerne tous les appareils, sans exception, construits depuis sa mise en application; les textes sont, les uns relatifs aux appareils montés dans les établissements recevant du public, les autres, de publication récente, aux immeubles dits de grande hauteur.

A. — Décret du 17 octobre 1957 et norme NF P 82 201

1. — Décret du 17 octobre 1957

Nous avons vu, lors de l'examen de la réglementation des ascenseurs, que les degrés de résistance au feu étaient fixés par rapport au décret d'octobre 1957 et des textes s'y rapportant. L'arrêté du 5 janvier 1959, en particulier, fixe les critères permettant de déterminer les degrés de résistance au feu des éléments de construction, les méthodes d'essais et le programme thermique matérialisant l'évolution des incendies.

En ce qui concerne les ascenseurs, cet arrêté vise expressément les parois de la gaine et les portes palières. Ces dernières sont « obligatoirement essayées en grandeur véritable, dans les conditions usuelles d'une bonne fabrication, la mise en œuvre devant se rapprocher dans toute la mesure possible de celle de la pratique ».

« Le classement est effectué d'après les temps pendant lesquels les éléments sont en mesure, au cours des essais, de jouer le rôle qui leur est dévolu dans la construction au point de vue de la sécurité.

« Ce rôle est apprécié en fonction des critères suivants :

1° résistance mécanique en ce qui concerne, s'il y a lieu, la stabilité de la construction et, dans tous les cas, la tenue propre de l'élément pour qu'il continue à remplir son office;

2° isolation thermique proprement dite;

3° étanchéité aux flammes (critère à la fois à la résistance mécanique au point de vue des déformations admises et à l'efficacité de l'isolation thermique);

4° absence d'émission de gaz inflammables hors de la face exposée de l'élément (essai spécial de réaction au feu).

« Les éléments « stables au feu » sont les éléments pour lesquels le critère de résistance mécanique est seul requis.

« Les éléments « pare-flammes » sont ceux pour lesquels sont requis les critères 1°, 3° et 4° ci-dessus.

« Les éléments « coupe-feu » sont ceux pour lesquels les quatre critères sont requis. »

Dans chaque catégorie le classement s'exprime en degrés, de 1/4 h - 1/2 h - 1 h - 1 1/2 h - 2 h - 3 h - 4 h - 6 h.

Les températures auxquelles sont soumises les portes sont définies analytiquement par l'expression :

$$T - T_0 = 345 \log_{10} (8t + 1)$$

T étant la température au voisinage de l'échantillon;

T_0 la température initiale, en degrés Celsius;

t le temps en minutes.

La courbe conduit aux températures ci-après :

659° au bout de 10 mn;
718° au bout de 15 mn;
827° au bout de 30 mn;
925° au bout de 1 h;
986° au bout de 1 1/2 h;
1 030° au bout de 2 h;
1 090° au bout de 3 h;
1 133° au bout de 4 h;
1 194° au bout de 6 h.

2. — Norme NF P 82 201

La norme NF P 82 201 fait une distinction entre les gaines formant ou non cheminée d'appel d'air.

En effet, le but de la protection est double :

— permettre le fonctionnement de l'appareil pendant un certain temps;

— éviter que le feu ne se propage par la gaine d'un étage à un autre;

— lorsque la gaine est susceptible de former cheminée d'appel d'air, les parois doivent être pleines et réalisées en matériaux de résistance coupe-feu de 1/4 h au minimum et les portes palières doivent être de résistance coupe-feu de 1/4 h au minimum ou pare-flammes de 1/2 h au minimum. D'autre part, une ouverture de ventilation doit faire communiquer la partie supérieure de la gaine avec l'extérieur du bâtiment soit directement, soit par l'intermédiaire de la salle de la machinerie ou du local des poulies (lorsque la machinerie est située à la partie inférieure);

— lorsque la gaine n'est pas susceptible de former cheminée d'appel d'air (c'est le cas des gaines situées dans le vide de l'escalier, de celles qui débouchent sur le palier d'un escalier), les parois et les portes palières doivent être de résistance « stable au feu de 1/2 h » au minimum et ne doivent pas être constituées en « matériaux dangereux », ceux-ci étant dangereux par leur grande inflammabilité ou par la nature et l'importance des gaz et fumées qu'ils dégagent.

Mais, lorsque l'appareil dessert des sous-sols où peuvent être entreposés des produits inflammables (garages, ateliers de peinture, etc.), les parois de la gaine situées en dessous du rez-de-chaussée doivent présenter une résistance au feu de degré « coupe-feu 2 h » au minimum ou « pare-flammes 1/2 h » au minimum.

Le palier du sous-sol desservant l'ascenseur sera dans ce cas isolé du sous-sol par un sas. Ce sas, ventilé directement sur l'extérieur du bâtiment ou par une gaine, sera constitué par deux portes à fermeture automatique

de résistance « coupe-feu 1/4 h » au minimum ou « pare-flammes 1/2 h » au minimum. En l'absence de sas, une porte à fermeture automatique de résistance « coupe-feu de 2 h » au minimum pourra lui être substituée.

B. — Décret n° 54-856 du 13 août 1954

Ce texte est relatif à la protection contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public, salles de spectacle, magasins, restaurants, cafés, hôtels, établissements d'enseignement publics ou privés, salles de conférence, d'exposition, établissements sanitaires, hôpitaux, cliniques, banques, piscines, etc.

Les ascenseurs et monte-charge doivent répondre au minimum, non seulement aux normes en vigueur, mais en outre présenter des dispositions particulières.

Il est prévu un vitrage en verre mince dans la partie haute des gaines si elles sont prolongées jusqu'à la toiture ou pour la fermeture des trémies reliant cette partie haute à l'extérieur.

Les machineries doivent se trouver à la partie supérieure, sauf lorsque le gabarit de construction s'y oppose ou lorsque la gaine ne peut être prolongée jusqu'à la partie supérieure du bâtiment.

Lorsque la machinerie est située à la partie inférieure, le local où elle est installée doit être ventilé mécaniquement sur l'extérieur, directement ou par l'intermédiaire d'une gaine distincte de celle de l'ascenseur. La mise en marche de l'appareil ne doit être possible que si cette ventilation fonctionne.

Si la réalisation d'une telle ventilation extérieure est impossible, le maire peut accorder une dispense sur avis de la commission locale de sécurité et autoriser la ventilation sur un autre local. Dans ce cas, le moteur et l'appareillage doivent être du type fermé et équipé de dispositifs automatiques coupant l'alimentation du mécanisme en cas d'élévation anormale de la température.

S'il s'agit d'un ascenseur (ou d'un monte-charge, bien que le texte ne le précise point) transportant des personnes, cette coupure doit être différée lorsque la cabine est en mouvement de façon à n'arrêter celle-ci qu'à son premier arrêt commandé. La remise en service doit exiger l'intervention d'un responsable.

Les ascenseurs (ou monte-charge accompagnés) pouvant recevoir plus de huit personnes doivent être munis d'une trappe de secours et d'une échelle métallique permettant d'atteindre le toit de la cabine en cas d'arrêt accidentel. Cette trappe doit répondre aux conditions énoncées à ce sujet dans les sécurités.

L'échelle peut être placée dans la cabine elle-même, sur son toit ou le long de celle-ci. L'échelle située dans la cabine nuit à l'esthétique de celle-ci. Pour permettre d'atteindre le toit de la cabine il est nécessaire :

— qu'elle soit d'une hauteur telle qu'elle puisse prendre appui sur le bord de la trappe ouverte et dans ces conditions, étant plus haute que la cabine elle-même, elle doit nécessairement être pliante ou à coulisse;

— ou bien que la trappe soit disposée au bord du toit près d'une paroi de cabine.

Dans ce dernier cas se pose un problème de construction : mais la trappe ne pouvant être ouverte que de l'extérieur et les secours venant également de ce côté, il semble préférable à tous points de vue que l'emplacement de l'échelle soit le toit ou le côté de la cabine si cette dernière disposition est possible.

Une autre échelle entreposée sur un palier ou dans le local de la machinerie doit permettre de rejoindre le toit de la cabine à partir du niveau supérieur le plus proche.

Un deuxième paragraphe reprend les termes du décret du 15 novembre 1967 dont nous étudions ci-dessous la partie se rapportant aux ascenseurs et en précise quelques points.

Lorsque plusieurs ascenseurs pouvant contenir plus de huit personnes sont installés dans la même gaine et s'il n'y a pas de porte palière ou de trappe d'accès à tous les niveaux, chacun des appareils doit être équipé, en plus de la trappe de secours prévue au paragraphe ci-dessus, d'une porte latérale de secours permettant de passer dans la cabine ou sur le toit d'un ascenseur voisin. L'ouverture de cette porte ne doit pouvoir être réalisée de l'intérieur qu'à l'aide d'une clé de sûreté. Par contre l'ouverture de la porte doit être possible de l'extérieur, à la main, sans clé, à l'aide d'une poignée ou d'un bouton.

L'ouverture de la porte latérale de secours doit provoquer l'arrêt et le maintien à l'arrêt de la cabine correspondante. Le réenclenchement de la manœuvre ne doit pouvoir être effectué, la porte étant refermée, qu'après verrouillage volontaire de cette porte. Ce verrouillage doit donc être contrôlé électriquement.

La clé doit être laissée uniquement à la disposition de l'exploitant ou de son représentant.

Les ascenseurs situés dans une même gaine sont le plus souvent reliés électriquement entre eux par le jeu des relais communs de la commande en duplex, triplex, etc. Cette association peut provoquer des démarrages intempestifs et ne laisse pas libre la commande d'un seul appareil au choix des sauveteurs; il est donc nécessaire que les appareils puissent être rendus facilement indépendants afin de permettre le passage, sans danger, d'une cabine à l'autre.

Enfin, un moyen efficace doit permettre de donner l'alarme depuis l'intérieur de la cabine au service de surveillance constitué suivant la catégorie et l'importance de l'établissement, soit par les sapeurs-pompiers locaux, soit par des pompiers particuliers sous la responsabilité de la direction de l'établissement intéressé, soit par des employés désignés par la direction et entraînés à la manœuvre de secours contre l'incendie.

L'entretien et la vérification des ascenseurs et monte-charge sont particulièrement bien précisées :

— entretien obligatoire par service personnel ou maison spécialisée;
— vérification journalière des verrouillages des portes palières;
— vérification bi-annuelle du parachute et des câbles de suspente;
— graissages bi-mensuels;
— vérification du parachute, avant la mise en service;
— tenue d'un registre de sécurité dans l'établissement.

C. — Décret du 15 novembre 1967 relatif aux immeubles dits de grande hauteur

L'apparition et le nombre croissant, dans notre pays, des immeubles de grande hauteur ont posé un grand nombre de problèmes et, en particulier, ceux concernant la protection des personnes contre l'incendie.

La nouveauté et la complexité de ces questions ont rendu nécessaire l'élaboration d'une réglementation spéciale à ce type d'immeuble. C'est l'objet du décret du 15 novembre 1967 (*Journal Officiel* du 6 décembre 1967) relatif au règlement de sécurité pour la construction des immeubles de grande hauteur et leur protection contre les risques d'incendie et de panique.

Un immeuble de grande hauteur, aux termes de l'article 2 du décret, est défini comme suit :

« Constitue un immeuble de grande hauteur, pour l'application du présent décret, tout corps de bâtiment dont le plancher bas du dernier niveau est situé, par rapport au niveau du sol le plus haut utilisable par les engins des services publics de secours et de lutte contre l'incendie :

— à plus de 50 m pour les immeubles à usage d'habitation, tels qu'ils sont définis par l'article 1er du décret du 22 octobre 1955 susvisés;

— à plus de 28 m pour tous les autres immeubles.

L'ensemble des éléments porteurs de l'immeuble, les sous-sols, les parties de l'immeuble inférieures en hauteur, lorsqu'ils ne sont pas isolés du corps de bâtiment défini ci-dessus ou de ses éléments porteurs, font partie intégrante de l'immeuble de grande hauteur. »

Ces immeubles se répartissent actuellement en sept classes :

GHA. — Usage d'habitations :	$H > 50$ m
GHO. — Usage d'hôtel :	$H > 28$ m
GHS. — Usage dépôt d'archives :	$H > 28$ m
GHU. — Usage sanitaire :	$H > 28$ m
GHW1. — Usage de bureau :	$28 < H < 50$ m
GHW2. — Usage de bureau :	$H > 50$ m
GHZ. — Usage mixte :	$H > 28$ m

Le décret du 15 novembre 1967 est applicable si la destination des locaux implique normalement la présence d'une personne ou plus par 100 m^2 de surface hors œuvre à chaque niveau.

Il ressort du texte de ce décret que les buts recherchés sont les suivants :

— prévenir les risques d'incendie;

— limiter l'étendue du sinistre;

— évacuer les personnes rapidement et efficacement.

Pour obtenir ces résultats, de nombreuses dispositions doivent être prises concernant la construction, l'équipement et l'occupation de ces immeubles.

Nous nous bornerons dans cet ouvrage à donner un aperçu des mesures particulières appliquées aux ascenseurs et monte-charge.

1. — Prévention contre l'incendie

Les mesures se bornent à prévoir qu'aucun élément combustible ne doit se trouver sur les paliers d'ascenseurs ou monte-charge.

2. — Limitation de l'étendue de sinistre

Les gaines d'ascenseurs, formant de naturelles cheminées d'appel d'air, doivent être construites dans des conditions telles qu'un sinistre s'étant déclaré ne puisse se communiquer aux autres étages par leur canal. D'où :

— les murs ou cloisons constituant les gaines doivent être coupe-feu de degré 2 h;

— les portes palières doivent être coupe feu de degré 1/4 h ou pare-flammes de degré 1/2 h;

— mais, de plus, des portes de protection à fermeture automatique coupe-feu de degré 1 h et à déclenchement automatique à 70 °C doivent condamner l'accès des ascenseurs ou monte-charge aux niveaux atteints ou menacés par l'incendie. La manœuvre de ces portes doit pouvoir être assurée manuellement.

3. — Évacuation des personnes

a) En cas de sinistre, les ascenseurs ou monte-charge doivent continuer à assurer la desserte des étages non concernés par le feu.

b) Les déformations des guides et la température à l'intérieur des gaines doivent être compatibles avec le fonctionnement sûr des ascenseurs, pendant 2 h d'un feu évoluant selon le programme thermique défini par l'arrêté du 5 janvier 1959. Les parois des gaines seront telles que, soumises à ce programme thermique, la température de leur face interne n'excède pas 70 °C au bout de 2 h.

c) Si l'accès des ascenseurs ne se fait pas à tous les niveaux, il doit y avoir au moins deux appareils par gaine (trois au maximum dans tous les cas), afin de permettre l'évacuation des passagers d'une cabine en panne vers une autre cabine, les appareils étant munis de porte latérale.

L'application de cette dernière précaution pose pour le constructeur un certain nombre de problèmes et impose au maître d'œuvre des obligations impérieuses.

En effet, il faut prévoir une porte de secours; mais que trouve-t-on sur la périphérie d'une cabine? Tout d'abord les montants de l'arcade, le contrepoids, les câbles du régulateur de vitesse, les dispositifs d'arrêt, le pendentif. La place restant libre pour la porte est bien réduite. Le contrepoids peut être monté vers l'arrière de la cabine, mais les autres éléments subsistent sur les côtés.

La porte de secours sera donc prévue dans l'un des quarts de cabine situés en avant ou en arrière de son arcade. En outre, les coins de cabine comportant nécessairement un retour, on peut en déduire que compte tenu de la demi-largeur d'arcade, du retour du coin, des montants pour permettre le fonctionnement de cette porte, la profondeur de la cabine, non compris le seuil, doit être au minimum de 1,60 m. La gaine doit être prévue en conséquence.

L'existence de cette porte suppose également que les gaines sont en communication directe ou que la paroi de séparation est démontable dans cette partie.

La distance entre les cabines de deux ascenseurs est de l'ordre de 0,40 m et l'on voit mal une personne âgée passer à 35 ou 40 m au-dessus du vide, d'une cabine dans l'autre, par des portes de 0,60 m environ, même avec l'aide d'un sauveteur.

Ces portes devront nécessairement être munies de moyens de fermeture pendant l'exploitation normale. Il sera indispensable que les clefs soient déposées chez un responsable, mais ne pourrait-on en posséder un double à la caserne des pompiers dans le ressort de laquelle se trouve l'immeuble?

Sur une hauteur de 50 m, quel moyen a-t-on prévu pour déterminer, en plein sinistre :

— si un ascenseur, et lequel, est en difficulté?

— l'endroit où il est arrêté (car cela se distingue mal dans une gaine)?

La signalisation (au rez-de-chaussée) de la position des appareils semble indispensable afin de ne pas perdre de temps pour débloquer les passagers d'un appareil en difficulté.

d) En outre, toutes les cabines doivent pouvoir, en cas de panne ou lors d'une mise hors service volontaire, être amenées à un palier.

Ce point suscite un certain nombre de réflexions et se heurte à certaines difficultés.

En effet, si les machineries ne sont pas atteintes par le sinistre et demeurent

accessibles aux sauveteurs, le problème est résolu, mais à la seule condition que ceux-ci connaissent les moyens d'amener une cabine à un palier. En particulier, avec des appareils actionnés par un treuil, débloquer le frein à l'aide du levier adéquat et tourner le volant de dépannage ne suscite aucune hésitation. Mais dans ce cas, il est indispensable que le sauveteur connaisse à chaque instant la position de la cabine. C'est de toute façon une manœuvre qui ne peut s'accomplir qu'à deux. Par contre, lorsque les appareils sont actionnés par des gearless, des précautions doivent être prises car le fait de débloquer le frein libère la cabine chargée ou vide. Les sapeurs-pompiers doivent être informés de ces éventualités et mis en contact direct avec ce genre d'appareils pour en connaître leur fonctionnement manuel et éviter ainsi des incidents graves. Ces appareils à gearless sont en effet dangereux pour une personne non initiée.

Si les machineries sont atteintes par le sinistre, la porte latérale de secours devient le seul moyen d'évacuation lorsque l'appareil est arrêté entre deux niveaux. Faut-il encore donner la possibilité à l'appareil voisin de s'arrêter au niveau approximatif de l'appareil en panne, il doit donc être nécessairement muni d'une commande « montée-descente » indépendante de la commande à boutons normale.

D'autre part, l'arrêt, même approximatif, étant difficile à obtenir à l'aide de ces boutons de secours lorsque la vitesse nominale de l'appareil est supérieure à 1,50 m/s, il est indispensable que cette manœuvre puisse s'effectuer en petite vitesse, celle-ci pouvant s'obtenir avec les dispostiifs à voltage variable utilisés dans ces cas.

e) Les appareils (un monte-charge et un ou deux ascenseurs) doivent être munis d'un dispositif d'appel prioritaire pour permettre aux sapeurs-pompiers de monter directement à tous les étages.

f) L'accès des ascenseurs et monte-charge à dispositif d'appel prioritaire ne doit pas se trouver à plus de 50 m des voies permettant le stationnement et la circulation des engins des sapeurs-pompiers.

Signalons, pour les cas particuliers des hôtels, que cet accès doit pouvoir se faire par une entrée signalée et distincte de celles réservées au public.

g) Les gaines des canalisations électriques, aussi bien verticales que de communication entre les gaines (proprement dites), des ascenseurs et les étages, c'est-à-dire les gaines des câbles électriques de leur origine à la machinerie, doivent être de degré coupe-feu 2 h.

h) Pour éviter que des pompiers ne soient bloqués dans les cabines d'ascenseurs, les canalisations alimentant ces derniers doivent être établies de sorte qu'un dérangement survenant dans les autres installations électriques ne les prive pas d'énergie électrique. Une ligne de secours doit être prévue, permettant de réalimenter facilement ces machineries en cas d'accident sur la ligne normale. Le passage de la ligne normale sur la ligne de secours sera effectué manuellement.

Nous ajouterons, en complément du décret, que les deux lignes, normale

et de secours, devront posséder une protection individuelle et indépendante de sorte que l'accident étant survenu sur la ligne normale et ayant peut-être de ce fait provoqué le fonctionnement du dispositif de sécurité de tête de ligne, n'ait pas de répercussion sur celui de la ligne de secours.

D'autre part, les couloirs de circulation, les paliers et cabines d'ascenseurs doivent être pourvus d'un éclairage de sécurité électrique suffisant pour assurer à lui seul une circulation facile et permettre d'effectuer les manœuvres intéressant la sécurité.

i) Enfin, le propriétaire ou son mandataire sont tenus de faire effectuer par les organismes agréés des vérifications semestrielles du fonctionnement des ascenseurs et monte-charge.

IV. — Protection du matériel

Le matériel est protégé mécaniquement et électriquement. Nous avons déjà vu que certains organes concouraient à la fois à la protection des personnes et à celle du matériel; ce sont le parachute et les amortisseurs. D'autres éléments sont destinés exclusivement à la bonne conservation du matériel. Nous allons passer en revue les principaux.

A. — Interrupteur normal de fin de course

Tous les appareils doivent être munis d'un interrupteur de fin de course qui doit arrêter automatiquement la cabine aux niveaux extrêmes. Ces interrupteurs peuvent, pour les appareils à adhérence, être soit placés en machinerie, soit montés sur la cabine, soit de préférence placés dans la gaine.

Lorsque l'interrupteur est monté dans le local de machinerie, les contacts d'arrêt doivent être commandés par un dispositif mécaniquement connecté à la cabine sans dispositif intermédiaire à friction et un contact d'arrêt automatique doit provoquer l'arrêt immédiat de l'appareil si le ruban, le câble ou la chaîne de commande ou tout autre dispositif de connexion mécanique vient à se rompre.

Ce dernier point vise les sélecteurs montés en machinerie et dans lesquels sont placées ces fins de course. Nous avons vu que ces sélecteurs sont entraînés par un ruban ou un câble sans fin fixé à la cabine. La rupture du câble provoque l'arrêt du sélecteur et peut rendre inefficace son rôle dans le schéma électrique de l'installation. L'appareil dans ce cas pourrait continuer sa course en grande vitesse et la position du fin de course de sécurité dont nous allons examiner ci-après le but étant à proximité de l'arrêt extrême, la distance de ralentissement étant trop courte, l'appareil arriverait à vitesse importante sur les amortisseurs.

B. — Interrupteur de fin de course de sécurité

De plus, et indépendamment du dispositif d'arrêt normal, les appareils à tambour ou à chaînes doivent posséder un interrupteur de fin de course.

Le dépassement de l'arrêt extrême consécutif à une défaillance soit de l'interrupteur normal (situé avant l'arrêt), soit à une usure avancée des garnitures de frein, soit à un déréglage du sélecteur, est en effet dangereux pour le matériel de ce genre d'appareils, car en raison de la courte distance des amortisseurs et de l'arrêt extrême, l'appareil vient alors buter sur ceux-ci et le moteur, s'il n'était coupé par le fin de course de sécurité, continuerait à exercer son couple sur le treuil et l'ensemble des organes de suspente en provoquant des dommages importants.

Pour les appareils à adhérence qui, dans le même cas, se comportent différemment (le moteur continue généralement à faire tourner le treuil et les câbles de suspente patinent dans les gorges de la roue de traction), le dispositif peut simplement couper l'alimentation électrique du moteur dans un temps qui ne doit pas excéder de plus de dix secondes le temps de parcours de la course totale.

Il faut éviter en effet que les câbles, en patinant, n'usent les gorges de la roue de traction en fonte.

Cependant, ce temps demanderait à être révisé car lorsque la course est longue et faible la vitesse, le parcours pouvant durer 30 ou 40 s, le temps de déclenchement peut donc être de 40 ou 50 s. C'est plus qu'il n'en faut pour griller le moteur si le disjoncteur de protection n'est pas parfaitement réglé (ce qui est souvent le cas) et pour détériorer suffisamment les gorges de la poulie de traction. Un temps de l'ordre de 5 à 8 s peut être facilement réalisé. Des constructeurs, dans un souci de protéger efficacement, et étant à cet égard plus sévères que la norme, réalisent des temps de l'ordre de 4 s. après l'arrêt intempestif.

C. — Sécurité propre aux appareils à adhérence

Pour les appareils à adhérence du groupe I il doit être prévu un dispositif qui coupe le courant de manœuvre en un temps ne pouvant excéder de plus de 10 s le temps de parcours de la course totale :

— lorsqu'au moment d'une commande de manœuvre, l'entraînement n'a pas lieu (c'est le cas d'un non fonctionnement du frein, de la coupure d'un fil d'alimentation du moteur, du grippage d'un palier du moteur ou du treuil, etc.);

— lorsque la cabine ou le contrepoids sont arrêtés en descente par la rencontre d'un obstacle, ce qui provoque le patinage des câbles dans les gorges de la poulie motrice (on en revient ici aux incidents cités dans le paragraphe précédent concernant le fin de course).

Les dispositifs utilisés diffèrent assez sensiblement; nous citerons les principaux :

a) Le plus simple consiste en une minuterie mécanique, à mercure ou à circuits électroniques, mise en marche au moment ou une commande est effectuée et coupant le circuit de manœuvre au bout du temps normalisé, variable avec la durée du parcours. Ce système répond parfaitement à la norme actuelle (dont les inconvénients ont été évoqués ci-dessus), mais par cela même n'est qu'une protection illusoire;

b) Un autre, qu'une société française aujourd'hui disparue appelait « conjugateur-disjoncteur », assurait une protection réellement efficace. Un relais recevait à intervalles réguliers, tout le long de la course de l'appareil, des impulsions électriques et entre deux impulsions était temporisé par un condensateur.

La temporisation était telle que lorsque l'intervalle entre deux impulsions successives excédait 10 à 12 s, le relais, n'étant plus excité, provoquait l'ouverture des circuits de commande de l'appareil. La durée de la temporisation totale était donc ramenée dans les cas installations courantes de 30 ou 40 s à 10 s environ.

Ainsi, dans ces incidents assez fréquents de non-excitation du frein, de coupure d'une phase d'alimentation d'un moteur diphasé ou triphasé, ce qui dans les deux cas provoque le non-démarrage du moteur et éventuellement sa détérioration, le système réalisait le déclenchement des circuits avant qu'un incident grave ne se produise.

Ce système était supérieur au précédent (encore utilisé par certains constructeurs) car il effectuait une liaison, indirecte il est vrai, mais liaison tout de même, entre le système de protection lui-même et le déplacement de la cabine.

c) Dans un autre dispositif, un relais est alimenté par un générateur électrique entraîné par les câbles de suspente. Ce relais est donc excité par le mouvement même de la cabine. Sa temporisation est de 4 ou 5 s. Il réalise ainsi une liaison directe entre la protection et la cabine. Le moteur et les organes qu'il actionne sont ainsi protégés de façon pratiquement absolue. Ce dispositif provoque le déclenchement avant un disjoncteur même bien réglé.

d) Un autre système consiste à mesurer par un dispositif différentiel l'égalité des vitesses de déplacement des câbles et de la poulie de traction. Le différentiel agit sur un relais qui provoque le déclenchement de la commande électrique. Cet organe réalise ainsi une liaison absolument directe.

D. — Interrupteur de mou de câbles

Les appareils à tambour ou à chaînes doivent comporter en outre un interrupteur de mou de câble ou de chaîne coupant le courant et provo-

quant l'arrêt de l'appareil si le contrepoids (lorsque la gaine n'est pas entièrement close) ou la cabine rencontre un obstacle pendant son mouvement de descente.

Cet interrupteur de mou de câble ou de chaîne doit être conçu de telle manière qu'il ne rétablisse pas automatiquement son contact dès que le mou a été repris.

E. — *Disjoncteur*

Aux termes de la norme NF C 15 100 (déjà citée) à laquelle les ascenseurs et monte-charge sont soumis, un disjoncteur doit être prévu pour protéger le moteur contre les surintensités susceptibles de le détériorer.

Souvent, malgré cette obligation, cette protection n'est pas prévue.

Il est en effet difficile de l'assurer d'une façon efficace car, comme nous l'avons vu, le régime de fonctionnement des ascenseurs et monte-charge est particulier et essentiellement variable. Ils sont souvent en régime transitoire de démarrage ou de freinage (pour les appareils à nivelage automatique). Le système disjoncteur est donc soumis à des pointes fréquentes d'intensité suivies de périodes plus ou moins longues de repos.

Or, on sait qu'un disjoncteur comporte en général deux circuits :

— l'un, appelé déclencheur électromagnétique instantané provoque le fonctionnement de l'appareil pour des intensités de l'ordre de six à huit fois l'intensité de réglage par l'action du champ magnétique créé par cette pointe de courant et agissant sur le système de déclenchement. Ce déclencheur n'intervient généralement qu'en cas de court-circuit franc. Il ne protège pas des surcharges prolongées;

— l'autre appelé déclencheur électrothermique retardé est constitué par une bilame qui se déforme sous l'effet de l'échauffement provoqué par le passage du courant, déformation plus ou moins accentuée suivant la valeur de l'intensité qui traverse ce circuit.

Or, la courbe de déclenchement d'une bilame est différente de celle d'échauffement du moteur lui-même, et c'est là la difficulté. Cependant, ces courbes se coupent en un point qui situe le déclenchement à sept ou huit secondes environ lorsque le moteur reste bloqué (par le freinage par exemple) et absorbe à cet instant quatre fois son intensité nominale.

Avec les disjoncteurs fabriqués par les spécialistes de l'appareillage électrique, ce temps est tel que ces appareillages assurent une protection efficace du moteur sans provoquer de déclenchement intempestif même en cas de démarrages consécutifs rapprochés.

Les bilames actuelles sont, en outre, munies d'un dispositif compensant les effets de la température ambiante.

F. — Contact de surcharge

Lorsque la surface de la cabine d'un ascenseur excède la valeur imposée par la norme NF P 82 201, et bien que cet appareil soit placé sous la responsabilité du « gardien de la chose », le contact de surcharge est nécessaire car il peut éviter des incidents graves tels la détérioration du moteur lorsque l'appareil est en montée ou l'arrêt sur les amortisseurs du fond de cuvette pour la descente.

Il en est de même pour les monte-charge pour lesquels le poids des marchandises transportées n'est pas connu avec assez de précision.

Ce contact est placé soit sous le plancher de la cabine (le plancher est alors articulé), soit sur le dispositif d'attache de l'arcade à la suspente. Dans les deux cas la surcharge provoque un déplacement excessif du plancher ou de l'attache et interdit le démarrage de l'appareil.

Il est indispensable de doubler l'action de ce contact par une signalisation optique et acoustique. Un voyant « surcharge » sur la boîte à boutons cabine et un ronfleur ou une sonnerie sont alors prévus.

G. — Porte de limitation de surface

Lorsque la surface d'un ascenseur ou d'un monte-charge n'est utilisée qu'occasionnellement en totalité et si elle dépasse la valeur normalisée, une porte peut être prévue en cabine pour la limiter à cette valeur. Cette porte devra être équipée d'une serrure à contact électrique de condamnation, contact volontairement court-circuité par le responsable à l'aide d'un contact auxiliaire à clé situé sur la boîte à boutons, lorsqu'il désire se servir de la surface tout entière.

CHAPITRE IV

INTRODUCTION A L'ÉTUDE DYNAMIQUE DES ASCENSEURS

I. — Généralités

Avant d'aborder la détermination des ascenseurs et monte-charge, nous rappellerons les éléments de base de dynamique qui seront utilisés dans les chapitres suivants.

Dans l'étude des problèmes de choix des caractéristiques générales d'un appareil, on doit tenir compte de certaines grandeurs : vitesse, accélération, précision d'arrêt, force, couple, dont le comportement influe sur les performances de l'ascenseur ou du monte-charge.

Nous utiliserons dans ce qui suit le système M.K.S.A. dont nous savons que les principales unités sont :

— pour les longueurs : le mètre, abréviation *m*;
— pour les masses : le kilogramme, abréviation kg;
— pour les temps : la seconde, abréviation *s*;
— pour les forces : le newton, abréviation N;
— pour le travail : le joule, abréviation J;
— pour les couplés : le mètre/Newton, abréviation m/N;
— pour les inerties : le kilogramme/mètre/seconde², abréviation kg/m/s^2.

Nous étudierons les rapports qui s'établissent dans l'ascenseur d'après les lois et théorèmes fondamentaux de la dynamique et introduirons dans les relations que nous serons amenés à établir les unités usuelles qui nous permettront de mieux « sentir » le problème.

Le but de ce chapitre est de comprendre les raisons pour lesquelles le choix de certaines vitesses se limite à certaines catégories d'appareils et l'adoption d'un système de traction s'effectue plutôt qu'un autre.

L'ascenseur est ce type d'appareil dans lequel se rencontrent les phénomènes dont nous sommes appelés à considérer journellement l'expression :

accélération, freinage; mais ici ils se manifestent suivant des valeurs opposées, ce qui en complique l'application et la maîtrise.

Nous avons déjà vu qu'un tel appareil est soumis à des couples variables et de signes différents.

Les inerties mises en jeu et leur variation au cours de l'exploitation ont une incidence importante car elles sont liées aux couples par la deuxième loi de Newton.

Nous rappellerons tout d'abord les notions élémentaires de vitesse accélération, mouvement uniformément varié, mouvement circulaire. Nous passerons ensuite aux questions de travail, de couple et d'inertie avec le théorème des forces vives et la deuxième loi de Newton. Nous ferons intervenir les rendements.

Cette étude sera illustrée d'exemples pratiques qui aideront à suivre l'application des relations théoriques.

Nous étudierons leur influence sur le démarrage, le freinage et la précision d'arrêt.

De cette étude, nous essaierons d'extraire un certain nombre d'observations qui nous aideront à effectuer le choix de l'une des caractéristiques de ces appareils.

II. — Mouvements linéaire

A. — Définition

On dit qu'un point M est en mouvement dans un système de points fixes, A, B, C... quand ses distances à chacun de ces points varient avec le temps. La trajectoire est la ligne qui réunit les positions successives du point.

Soit XY la trajectoire (fig. 91). A l'instant t, le point est en M et à l'instant $t + \Delta t$, très voisin de l'instant t, le point est en M'. L'arc MM' étant infiniment petit, peut être confondu avec la tangente à la trajectoire en M. Soit Δe cette distance infiniment petite.

On dit :

— que la vitesse linéaire V du mobile en M ou à l'instant t est dirigée dans le sens du mouvement suivant la tangente MV à la trajectoire;

— qu'elle est numériquement égale au rapport des nombres qui mesurent Δe et Δt :

$$V = \frac{\Delta e}{\Delta t} \qquad (34)$$

Si la vitesse est *constante* le mouvement est dit *uniforme*.

Si, dans l'expression 34, Δt devient de plus en plus petit, l'espace par-

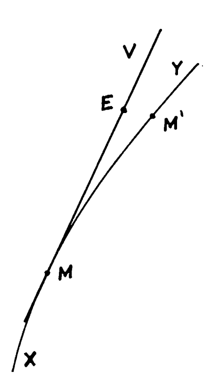


FIG. 91. — *Représentation du mouvement linéaire vecteur vitesse.*

couru Δe devient lui aussi de plus en plus petit; il tend aussi vers zéro. Le rapport $\frac{\Delta e}{\Delta t}$ tend vers une valeur déterminée V qu'on appelle vitesse à l'instant t :

$$V = \left(\text{limite de } \frac{\Delta e}{\Delta t} \text{ lorsque } \Delta_t \text{ tend vers zéro}\right) = \frac{de}{dt} = e' \quad (35)$$

V est la valeur numérique à l'instant t de la dérivée de l'espace par rapport au temps :

$$V = \frac{de}{dt} \quad (36)$$

B. — Mouvement rectiligne uniforme

Soit un mobile animé d'une vitesse constante v et passant en un point O à l'instant t_0 où l'on commence à compter les temps.

A cet instant t_0, le mobile a déjà parcouru une distance a. Au bout d'un temps $t = t_1 - t_0$ (c'est-à-dire au temps t_1) le mobile aura parcouru une distance :

$$e = a + vt$$

Les distances augmentent proportionnellement aux temps.

Si l'on avait choisi l'instant t_0 pour compter les distances on aurait :

$$e_1 = vt_1 \tag{37}$$

A) Si l'on porte en abscisses les temps et en ordonnées les espaces par-

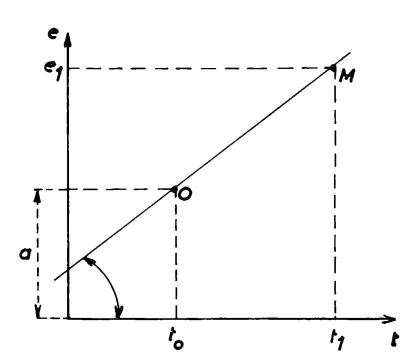


FIG. 92. — *Diagramme espace/temps du mouvement rectiligne uniforme.*

FIG. 93. — *Aire vitesse/temps du mouvement rectiligne uniforme.*

courus on obtient une droite dont le cœfficient angulaire est la vitesse v (fig. 92).

Le mouvement est d'autant plus rapide que l'angle formé par OM et l'axe des abscisses est plus obtus.

C'est le diagramme des espaces.

B) Si, au lieu de porter les espaces en ordonnées, on avait porté la vitesse, on aurait obtenu une droite parallèle à l'axe des temps (fig. 93).

Le chemin parcouru par le mobile entre les temps t_0 et t_1 est :

$$e_1 = v_1 \ (t_1 - t_0)$$

C'est donc l'aire représentée par la partie hachurée.

C. — Unité de vitesse linéaire

Nous avons vu que, si la vitesse est constante dans un intervalle, les espaces parcourus dans cet intervalle sont proportionnels aux temps, le coefficient de proportionnalité étant la vitesse elle-même.

On peut écrire :

$$E = V \times t \tag{38}$$

Si dans cette expression les espaces sont exprimés en mètres et les temps

en secondes, *les vitesses sont exprimées en mètres par seconde* (*abréviation* *m/s*). En effet $V = \frac{E}{t}$.

L'unité de vitesse est donc la vitesse que possède un mobile qui parcourt l'unité de longueur pendant l'unité de temps.

D. — Accélération linéaire

Soit XY la trajectoire d'un mobile (fig. 94).

A l'instant t le mobile est en M; à l'instant $t + \Delta t$ (très voisin de t) le mobile est en M'. Soit $MM' = \Delta e$.

La vitesse n'est pas restée uniforme; elle a varié entre les deux points et est passée de la valeur v à la valeur V. Mais nous admettrons qu'elle a très peu varié en valeur et en direction car Δt est très petit de telle sorte que $V = v + \Delta v$ est une valeur très voisine de v.

L'angle de déplacement $\Delta\alpha$ est lui-même très petit. Il est négligeable et est donc égal à $\frac{\Delta e}{\gamma}$ (γ étant le rayon de courbure de la trajectoire).

La figure 94 est donc ramenée à la représentation de la figure 95 un point M_1

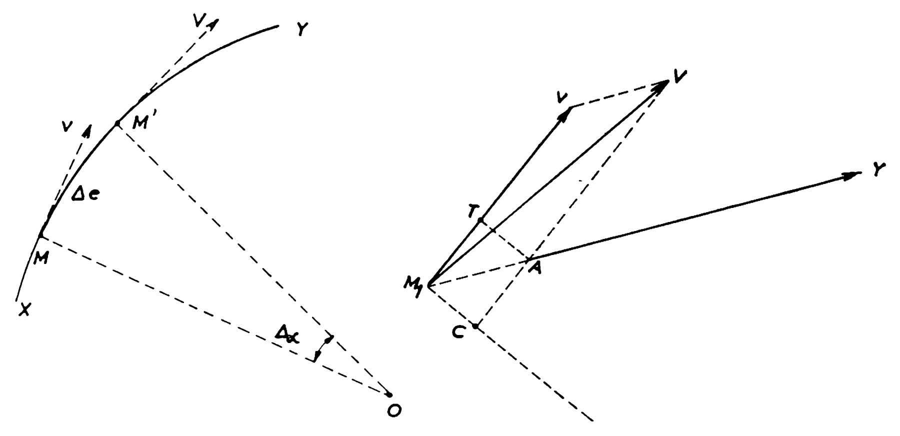


FIG. 94. — *Déplacement d'un point avec variation de vitesse.*

FIG. 95. — *Vecteur accélération.*

soumis à deux vitesses v et V. La variation est représentée alors par M_1A côté du parallélogramme M_1vVA dont V est la diagonale. Soit $\Delta v'$ la longueur de M_1A.

Nous dirons que l'accélération linéaire γ du mobile au point M, ou à

l'instant t est parallèle à la direction M_1A et est numériquement exprimé par le rapport des nombres qui mesurent $\Delta v'$ et Δt.

On écrit :

$$\gamma = \frac{\Delta v'}{\Delta t} \tag{39}$$

Si dans l'expression (39), Δt devient de plus en plus petit, la variation de vitesse $\Delta v'$ devient elle aussi de plus en plus petite. Le rapport $\frac{\Delta v'}{\Delta t}$ tend vers une valeur déterminée γ qu'on appelle accélération linéaire du mobile à l'instant t :

$$\gamma = \left(\text{limite de } \frac{\Delta v'}{\Delta t} \text{ lorsque } \Delta t \text{ tend vers zéro}\right) = \frac{dv}{dt} = v' \tag{40}$$

γ est la valeur numérique à l'instant t de la dérivée de la vitesse par rapport au temps, ou la dérivée seconde de l'espace par rapport au temps :

$$\gamma = \frac{dv}{dt} = \frac{d_e^2}{dt^2} \tag{41}$$

E. — Unité d'accélération

L'unité d'accélération est celle d'un mobile dont la vitesse varierait de l'unité de vitesse pendant l'unité de temps.

Si dans l'expression (41) les vitesses sont exprimées en mètres/seconde et les temps en secondes, *l'accélération est exprimée en mètres/seconde par seconde* (*abréviation* m/s^2).

F. — Mouvement rectiligne uniformément varié

La loi de ce mouvement a la forme d'un trinome de second degré $e = f(t)$ tel que :

$$e = a + bt + ct^2 \tag{42}$$

Soit M la position du mobile à l'instant t. Prenons la dérivée $\frac{de}{dt} = \text{v}$; on a :

$$v = b + 2ct \tag{43}$$

expression dans laquelle b est la vitesse à l'origine des temps :

$$b = v_0$$

Donc, les *variations de la vitesse sont proportionnelles au temps.*

Prenons à nouveau la dérivée de (43) $\frac{dv}{dt} = \gamma$:

$$\gamma = 2c \tag{44}$$

L'accélération γ *est donc constante.* Le mouvement est dit uniformément varié. Le mouvement est accéléré si γ est du même signe que la vitesse et retardé dans le cas contraire.

En substituant ces valeurs de b et de c dans (42) il vient :

$$e = a + v_0 t + \frac{1}{2}\gamma t^2 \tag{45}$$

Si l'on choisit l'origine pour compter les temps alors $a = 0$:

$$e = v_0 t + \frac{1}{2}\gamma t^2 \tag{46}$$

et :

$$v = \frac{de}{dt} = v_0 + \gamma t$$

valeur de la vitesse à l'instant t (47).

Si la vitesse est nulle à l'origine des temps $V_0 = 0$, alors :

$$\boxed{e = \frac{1}{2}\gamma t^2} \tag{48}$$

et :

$$\boxed{v = \frac{de}{dt} = \gamma t} \tag{49}$$

En éliminant t entre 48 et 49 il vient :

$$\boxed{e = \frac{v^2}{2\gamma}} \tag{50}$$

D'après (48), nous voyons que les espaces parcourus sont proportionnels aux carrés des temps employés à les parcourir; d'après (49), les vitesses sont proportionnelles aux temps employés à les acquérir et d'après (50) les espaces augmentent comme le carré des vitesses.

Ces trois relations sont d'un usage constant dans les ascenseurs comme nous le verrons par la suite. Nous admettrons que l'accélération γ est constante, ceci étant justifié par le but que recherchent les constructeurs, le confort en dépendant étroitement.

III. — Mouvement circulaire uniforme

On dit qu'un point est animé d'un mouvement circulaire lorsque ce point se déplace sur une circonférence. Le mouvement circulaire est uniforme quant le mobile parcourt des arcs égaux en des temps égaux. La vitesse linéaire V du mobile animé de ce mouvement est représentée par la longueur de l'arc M O M parcouru pendant l'unité de temps. Elle est représentée pratiquement par un vecteur tangent à la circonférence au point où se trouve le mobile à l'instant considéré (fig. 96).

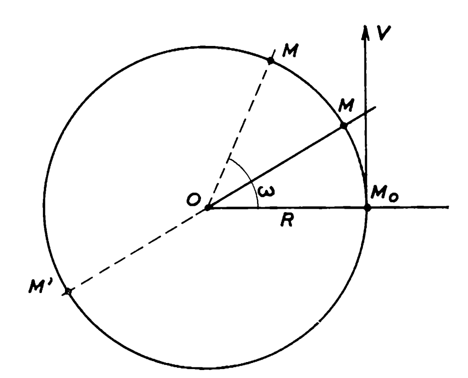


FIG. 96. — *Représentation du mouvement circulaire uniforme. Vecteur vitesse.*

Par définition : *la vitesse angulaire du mobile est l'angle balayé par la droite joignant le mobile au centre de la circonférence pendant l'unité de temps.*

Dans ces conditions, entre la vitesse angulaire ω, le rayon R de la circonférence et la vitesse linéaire existe la relation :

$$\omega = \frac{v}{R}$$

où :

$$v = \omega R \qquad (51)$$

La vitesse angulaire ω s'exprime en radians par seconde (R/*s*).

REMARQUE. — La vitesse des moteurs s'exprime généralement en tours par minute. La conversion est donc la suivante :

$$\omega = 1 \text{ radian} = \frac{1}{2\pi} \text{ tour}$$

$$1 \text{ tour minute} = \frac{2\pi}{60} \text{ radian/seconde} \qquad (52)$$

Accélération angulaire : c'est la dérivée de la vitesse angulaire par rapport au temps.

On écrira donc :

$$\Gamma = \frac{d\omega}{dt} \qquad (53)$$

Elle s'exprime en radians/seconde par seconde : R/s^2.

IV. — Formule fondamentale de la dynamique

Entre la force F qui agit sur un corps, la masse M de ce corps et l'accélération γ du mouvement pris par le corps sous l'effet de la force, existe la relation :

$$\boxed{F = M\gamma} \qquad (54)$$

Cette relation va servir à définir ce qu'est l'unité de force : l'unité de force est la force qui, appliquée à une masse de 1 kg, lui communique une accélération de 1 m/s^2.

L'unité de force est le newton (abréviation N).

Si l'on considère la force due à la pesanteur, la force est le poids du corps, l'accélération est celle due à l'attraction terrestre et qui vaut 9,81 m/s^2. On l'appelle g.

Si P est le poids du corps, on a :

$$P = Mg \qquad (55)$$

De (54) et (55) on tire :

$$\frac{F}{P} = \frac{\gamma}{g}$$

et :

$$F = \frac{P\gamma}{g}$$

Comme $\gamma = 1\ m/s^2$, on peut dire que le newton est égal à $\frac{1}{9,81}$ kiloforce.

Remarque. — Il faut éviter de faire la confusion entre la masse de 1 kg, et la force de 1 kg. Lorsqu'on dit qu'un corps pèse par exemple 100 kg, on sous-entend 100 kg force, c'est-à-dire en réalité 100 x 9,81 newtons. Ainsi, dans l'application de la formule $P = Mg$, si P est égal à 100 kg, qu'elle est la valeur de sa masse M ?

Elle n'est pas $M = \frac{P}{g} = \frac{100}{9,81}$, car en pesant le corps on a déjà fait intervenir 9,81. Elle est de 100 kg.

V. — Travail

Lorsqu'un point M se déplace sous l'action d'une force F dans la direction de cette force, le travail de cette force est égal au produit de la force par le chemin parcouru :

$$T = Fl \qquad (56)$$

Si F est exprimé en newton et l en mètre, T sera exprimé en *joules.*

Le joule est donc le travail d'une force de 1 newton dont le point d'application se déplace de 1 m dans le sens de cette force.

VI. — Couple

Si nous faisons tourner une sphère suspendue à un fil de manière à tordre ce fil et si nous l'abandonnons, elle tend à revenir à sa position initiale. L'effet est un mouvement de rotation produit par un effort qui est dû à la torsion que nous avons imprimée au fil. Cet effort est appelé *couple.*

Un couple est donc caractérisé par trois éléments :

— la direction de son axe;

— le sens de rotation;

— son mouvement C qui est l'intensité de cette force appelée couple.

Deux forces égales, parallèles, non opposées forment un couple.

Considérons dans le plan ce genre de couple de forces f et f', fig. 97. Menons leur normale A B et soit O son milieu. Soit une rotation α autour

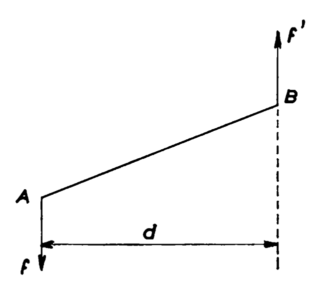


FIG. 97. — *Représentation d'un couple.*

d'un axe perpendiculaire au plan du couple et passant par O. Le couple produit la rotation.

Le travail accompli est :

$$W = C\alpha \qquad (57)$$

C'est le moment du couple.

Or chaque force f et f' conserve la même direction que son point d'application A et B.

Le travail peut s'écrire alors pour la force f :

$$f \times arc\ AA'$$

ou :

$$f \times \frac{d}{2} \times \alpha$$

α étant la distance A B des deux forces.

Le travail de f_1 est égal au travail de f de sorte que le travail total est :

$$W = fd\alpha$$

En égalant les relations (57) à cette dernière on obtient :

$$C\alpha = fd\alpha$$

$$C = fd \qquad (58)$$

Dans cette expression, si F est exprimé en newtons et d en mètres, C sera exprimé en mètres-newton.

Le moment C d'un couple de deux forces parallèles égales et situées à

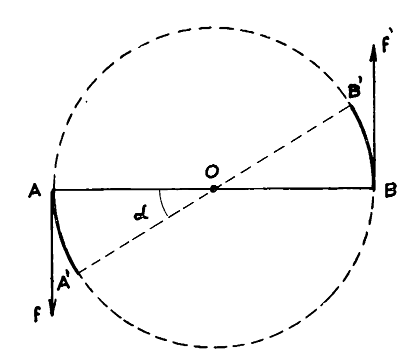


FIG. 98. — *Représentation du déplacement dû à un couple.*

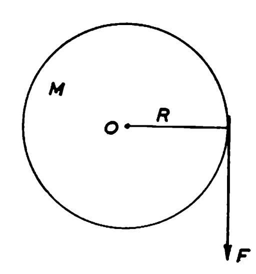


FIG. 99. — *Un tambour soumis à une force F prend un mouvement uniformément accéléré.*

une distance d l'une de l'autre est numériquement le produit de la valeur commune des deux forces par leur distance (fig. 98 et 99).

De façon plus pratique, puisque $f = f'$, nous écrirons :

$$C = (f + f')\frac{d}{2}$$

ou :

$$\boxed{C = FR} \qquad (59)$$

VII. — Inertie

La formule :

$$F = M\gamma = M\frac{dv}{dt}$$

qui résume les lois expérimentales de la dynamique s'applique dans le cas d'un corps solide tournant sans frottement autour d'un axe.

Considérons un tambour cylindrique d'épaisseur négligeable, de masse M. Supposons que ce tambour soit susceptible de tourner autour d'un axe, sans frottement, et soumettons-le à l'action d'une force constante F, toujours tangente à la surface et normale à cet axe.

Dans ces conditions, nous savons que le tambour prendra un mouvement uniformément accéléré. Chacun de ses point aura, à chaque instant, la même vitesse. Tout se passera comme si la force F entraînait dans un mouvement de translation un corps entièrement libre de même masse M. L'augmentation $\frac{dv}{dt}$ de la vitesse linéaire des divers points du tambour dans l'unité de temps sera donc égale à l'accélération que la force F imprimerait à un solide libre de masse M et l'on pourra écrire :

$$F = M\frac{dv}{dt} \qquad (60)$$

Or, si nous désignons par R le rayon du tambour, par ω sa vitesse angulaire à l'instant t, nous savons que sa vitesse linéaire V au même instant est ;

$$V = \omega R \qquad (61)$$

Nous avons donc, en prenant la dérivée de V par rapport au temps :

$$\frac{dv}{dt} = R\frac{d\omega}{dt} \qquad (62)$$

$\frac{d\omega}{dt}$ étant l'accélération angulaire.

Ceci posé, multiplions par R les deux membres de (60) :

$$FR = MR\frac{dv}{dt}$$

Et, en substituant dans cette expression la valeur $\frac{dv}{dt}$ de (62) :

$$FR = MR^2 \frac{d\omega}{dt} \qquad (63)$$

où FR est le moment C de la force agissante F par rapport à l'axe.

MR^2 est, dans les conditions de l'expérience, une constante pour le tambour. Nous l'appelons moment d'inertie du tambour par rapport à son axe. Et nous écrivons en posant $K = MR^2$

$$\boxed{C = K\frac{d\omega}{dt}} \qquad (64)$$

Dans une translation, l'effort efficace est une force; la masse est la résistance à l'accélération linéaire.

Dans une rotation l'effort efficace est un moment de force; le moment d'inertie est la résistance à l'accélération angulaire.

Mais le moment d'inertie n'est pas comme la masse une grandeur constante il dépend de l'axe par rapport auquel on le prend.

D'une manière générale, le moment d'inertie K d'un solide par rapport à un axe de rotation de ce solide sera la somme des moments d'inertie de toutes ses particules par rapport au même axe.

$$K = \Sigma \Delta mr^2 \qquad (65)$$

D'après la forme géométrique d'un corps et sa constitution, on peut déterminer par le calcul son moment d'inertie par rapport à un axe donné.

Si dans la formule (65) Δm est exprimé en kilos et r en mètres, K s'exprime en kilos/mètres/s² (kg/m/s²).

VIII. — Théorème des forces vives et 2e loi de Newton

Considérons un point matériel de masse m, au repos, et soumettons-le à l'action d'une force constante F. Nous savons que ce point prendra dans la direction de la force un mouvement uniformément accéléré dans lequel l'accélération γ sera déterminée par la loi de la dynamique :

$$F = m\gamma$$

Au bout d'un temps t_1, la vitesse v_1 acquise par le mobile sera égale à γt_1 et il aura parcouru un espace :

$$e_1 = \frac{1}{2}\gamma t_1^2$$

On pourra donc écrire :

$$Fe_1 = m\gamma \times \frac{1}{2}\gamma t_1^2 = \frac{1}{2}m\gamma^2 t_1^2$$

mais, comme :

$$v = \gamma t$$

$$F \cdot e_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 \qquad (66)$$

Or $F \cdot e_1$ est le travail W_1 effectué par la force. On a donc :

$$W_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 \qquad (67)$$

Si la force F agit pendant le temps t_2, on a similairement :

$$W_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 \qquad (68)$$

De (67) et (68) on tire :

$$W_2 - W_1 = \frac{1}{2}m(V_2^2 - V_1^2) \qquad (69)$$

Or $W_2 - W_1$ est le travail effectué par la force pour faire passer le point de la vitesse v_1 à la vitesse v_2 :

$$W_2 - W_1 = W$$

On a donc finalement :

$$W = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2) \qquad (70)$$

Et nous appelerons force vive ou énergie cinétique le produit $\frac{1}{2}mv_2$.

Nous pouvons énoncer le théorème :

La variation de force vive d'un point matériel (passant d'une vitesse v_1 à une vitesse v_2) est égale au travail de la force qui lui est appliquée.

Si dans l'expression (70) m est exprimé en kg et v en m/s, W, énergie cinétique, a la dimension d'un travail et s'exprime également *en joules.*

Lorsque le corps est au repos à l'origine, la formule s'écrit :

$$W = \frac{1}{2}mv^2 \qquad (71)$$

v étant la vitesse finale du corps.

Le travail dépensé est égal à l'accroissement de l'énergie cinétique.

CAS D'UNE ROTATION

Dans ce cas, nous considérons un système rigide susceptible de tourner autour d'un axe par rapport auquel son moment d'inertie est K, à une vitesse

circulaire uniforme ω. Soit m la masse d'une particule du système située à la distance r de l'axe de rotation. Soient v_1 et v_2 les vitesses de cette particule au début et à la fin des efforts extérieurs.

En appliquant le théorème des forces vives, nous avons :

$$W = \frac{1}{2}\Sigma m v_2^2 - \frac{1}{2}\Sigma m v_1^2$$

mais $v = \omega r$; donc :

$$W = \frac{1}{2}\omega_2^2 \Sigma m r^2 - \frac{1}{2}\omega_1^2 \Sigma m r^2$$

Et, en introduisant l'expression (65).

$$W = \frac{1}{2}K\ (\omega_2^2 - \omega_1^2) \qquad (72)$$

Si $W_1 = 0$:

$$W = \frac{1}{2}K\omega^2$$

ω étant la vitesse finale, (W étant exprimé en joules, K en kg/m/s², ω en radian/s).

Le mouvement de rotation obéit également à *la deuxième loi de Newton* qui s'énonce ainsi :

« *L'accélération angulaire d'un corps est proportionnelle à la somme algébrique des couples extérieurs appliqués et inversement proportionnelle au moment d'inertie de ce corps.* »

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{\Sigma \text{ couples extérieurs}}{K}$$

ou :

$$\boxed{K\frac{d\omega}{dt} = \Sigma \text{ couples}} \qquad (73)$$

K : étant exprimé en kg/m/s²;

$\frac{d\omega}{dt}$: en radians/s²;

Couples en m/N.

Les couples peuvent être produits par des systèmes très divers : moteurs, ressorts, etc.

Σ des couples est le moment *résultant* des forces appliquées.

IX. — Puissance

La puissance est un travail pendant un certain temps :

$$P = \frac{W}{t} \qquad (74)$$

L'unité de puissance est la transformation de 1 joule par seconde. *C'est le watt.*

Nous aurons par la suite à traiter de la puissance mécanique de corps tournant autour de leur axe et soumis à un couple C.

Nous avons vu en (57) que :

$$W = C\alpha$$

Soit t le temps passé pour accomplir l'angle α et supposons le mouvement uniforme. La puissance est :

$$P = \frac{W}{t} = \frac{C\alpha}{t} = C\frac{\alpha}{t} = C\omega$$

$$\boxed{P = C\omega} \qquad (75)$$

P : étant exprimé en watts;

C : en N/s;

ω : en radians/s.

Cette expression (75) est générale et représente la relation fondamentale entre la puissance (dissipée ou recueillie), le couple (résistant ou moteur) et la vitesse angulaire de rotation.

Dans la pratique, on a souvent à calculer un couple de moteur à partir des unités usuelles, P en CV, ω en tours/minute, le couple s'exprimant en m/kg.

Nous allons effectuer la transformation de l'expression (75) à l'aide des unités usuelles :

$$1 \text{ CV} = 736 \text{ W}$$

$$1 \text{ kg} = 9{,}81 \text{ N}$$

$$1 \text{ tr/mn} = \frac{2\pi}{60} \text{ rd/s}$$

En portant ces valeurs dans (7), on obtient :

$$736 \text{ P} = 9{,}81 \text{ C} \times \frac{2\pi}{60}\omega$$

d'où :

$$C = \frac{60 \times 736\ P}{2\pi \times 9{,}81\,\omega}$$

$$\boxed{C = 716\,\frac{P}{\omega}} \qquad (76)$$

C : étant le couple en *m*/kg;

P : étant exprimé en CV;

ω : en tr/mn.

Application : Couple d'un moteur de 10 CV tournant à 1450 tr/mn :

$$C = 716\,\frac{10}{1\,450} = 4{,}93\ m/\text{kg}$$

X. — Relations entre grandeurs linéaires et angulaires

A. — Accélérations

Lorsque le système comporte un organe principal se déplaçant suivant une droite (cas d'un véhicule sur rails, d'un appareil de levage), il est intéressant de connaître la relation qui existe entre l'accélération linéaire et l'accélération angulaire du moteur.

Nous avons écrit à propos de l'inertie (62) :

$$\frac{dv}{dt} = R\frac{d\omega}{dt} = \frac{D}{2}\frac{d\omega}{dt}$$

D étant le diamètre *correspondant aux inerties*

où :

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{2}{D}\frac{dv}{dt} \qquad (77)$$

En régime stable, nous aurons :

$$\Omega = \frac{2}{D}V$$

B. — Force - Couple - Vitesse

Nous avons vu en (59) que :

$$C = FR$$

et si :

$$R = \frac{D}{2}$$

nous avons :

$$C = \frac{FD}{2}$$

or :

$$\Omega = \frac{2}{D} V$$

En multipliant ces deux relations membre à membre :

$$C\Omega = \frac{2}{D} V \times \frac{FD}{2} = FV$$

d'où :

$$F = \frac{C\Omega}{V} \qquad (78)$$

F : étant exprimé en newtons;
C : en *m*/N;
Ω : en rd/s;
V : en m/s.

XI. — Couple moteur - Couple résistant Couple d'accélération

A. — Exposé

Considérons le système composé d'un organe moteur entraînant une charge, l'inertie de l'ensemble étant ramenée à l'arbre moteur (voir parag. 3 ci-après).(fig. 100)

Soit K l'inertie, ω la vitesse angulaire, C_M le couple moteur, C_R le couple résistant résultant de la charge, couple ramené également sur l'arbre moteur.

La deuxième loi de Newton appliquée au système nous donne :

$$C_M - C_R = K \frac{d\omega}{dt} \qquad (79)$$

Pour démarrer un tel système, il est donc nécessaire que C_M soit > C_R,

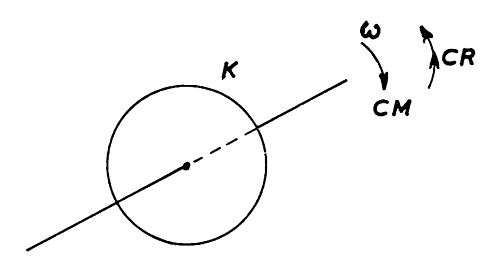


Fig. 100. — *Couple moteur, couple résistant, inertie et vitesse forment la deuxième loi de Newton.*

d'une différence $K \frac{d\omega}{dt}$ que nous appellerons *couple d'accélération.* C'est le couple nécessaire à la mise en vitesse de l'ensemble pendant un certain temps.

Si $C_M > C_R$, $K \frac{d\omega}{dt}$ est positif, donc $\frac{d\omega}{dt}$ est une accélération.

Si $C_M < C_R$, $K \frac{d\omega}{dt}$ est négatif, donc $\frac{d\omega}{dt}$ est une décélération (accélération négative).

Si $C_M = C_R$, $K \frac{d\omega}{dt}$ est nul, la vitesse est constante, le système est à sa marche de régime. L'équilibre dynamique s'est établi résultant de l'égalité des deux couples.

L'énergie mise en mouvement nous est donnée par le théorème des forces vives (72) :

$$W = \frac{1}{2} K\Omega^2$$

D'autre part, nous avons vu en (57) que le travail du couple était :

$$W = C_a \alpha$$

C_a : étant le couple d'accélération.

En égalisant ces deux expressions, nous obtenons :

$$C_a\alpha = \frac{1}{2}K\Omega^2 \tag{80}$$

Nous avons par conséquent emmaganisé comme énergie la totalité du travail d'accélération. Et ceci est vrai quel que soit le système de mise en mouvement employé.

REMARQUE. Si nous avons affaire à un système dont l'accélération est constante pendant tout le temps de mise en vitesse, la vitesse moyenne est alors $\frac{\Omega}{2}$ et l'angle décrit pendant le démarrage est égal à :

$$\alpha = \frac{\Omega}{2}t$$

En portant cette valeur dans (80), il vient :

$$C_a\frac{\Omega}{2}t = \frac{1}{2}K\Omega^2$$

$$\boxed{t = \frac{K\Omega}{C_a}} \tag{81}$$

Par conséquent, en connaissant la vitesse angulaire, l'inertie et le couple d'accélération, on peut déterminer le temps mis pour démarrer (t : étant exprimé en s, K : en kg/m/s², Ω : en r/s et Ca : en m/N).

On peut écrire l'expression ci-dessus (81) à partir des valeurs usuelles :

$$K = \Sigma mr_2$$

mais :

$$P = mg$$

d'ou :

$$m = \frac{P}{g}$$

r remplacé par le diamètre $\frac{D}{2}$

d'où :

$$r^2 = \frac{D^2}{4}$$

d'où :

$$\boxed{K = \frac{PD^2}{4g}} \tag{82}$$

PD² devrait alors s'exprimer en N/m². Si l'on veut l'exprimer en kg/m² g n'intervient pas et :

$$K = \frac{PD^2}{4} \tag{83}$$

PD^2 est une constante pour un appareil donné.

B. — Couples et rendements

La deuxième loi de Newton (79) :

$$C_M - C_R = K\frac{d\omega}{dt}$$

fait intervenir les couples en relation directe. Cependant, dans les différentes applications rencontrées dans la pratique, les divers éléments d'un système sont soumis à des liaisons électriques ou mécaniques ou hydrauliques... etc. qui provoquent des pertes. Ces pertes, que l'on sait calculer ou mesurer, représentent ce que l'on nomme le « rendement des liaisons ». Entre l'organe moteur créant le mouvement et l'organe d'utilisation, un certain nombre de liaisons indispensables au fonctionnement de l'ensemble déterminent une chute d'énergie dont il faut tenir compte dans l'application de la relation générale ci-dessus.

Nous allons considérer le système en régime de marche normale, c'est-à-dire fonctionnant à pleine charge et pleine vitesse. Dans cet état, il y a égalité entre couple moteur et couple résistant. La vitesse est constante, sa dérivée, l'accélération, est nulle et l'équation se réduit à :

$$C_M = C_R$$

Mais entre le couple résistant C_R sur l'arbre moteur et le couple utile (couple résistant utile), nous avons les liaisons qui provoquent la perte de couple telles que :

$$C_u = C_R\rho$$

$$\rho = \frac{C_u}{C_R}$$

ρ étant le rendement du système.

Deux cas sont cependant à considérer :

a) l'organe qui fournit le couple moteur est le moteur (la charge est entraînée par exemple dans le cas d'une grue).

Dans ce cas, le *couple est positif :*

$$C_{Rv} = \frac{C_u}{\rho_v} \qquad (84)$$

b) l'organe qui fournit le couple moteur est l'organe entraîné (charge de grue en descente, volant d'inertie pendant le ralentissement).

Dans cet état, le moteur en général freine la charge, *le couple est négatif :*

$$C_{Ri} = - C_u \times \rho_i \qquad (85)$$

ρ_v est le rendement direct du moteur à l'organe entraîné;

ρ_i est le rendement inverse de l'organe entraîné au moteur.

Si l'on fait intervenir le rapport de réduction i de l'organe de liaison (treuil, courroies etc.) monté entre le moteur et l'organe entraîné, les relations 84 et 85 deviennent :

$$C_{Rv} = \frac{C_u}{i\rho_v} \tag{86}$$

$$C_{Ri} = -\frac{C_u \rho_i}{i} \tag{87}$$

Nous avons considéré jusqu'ici le système en équilibre dynamique en régime de marche normale. Nous allons considérer maintenant les mêmes éléments pendant la période de démarrage ou de freinage du système.

1. — Détermination du couple de démarrage

Nous avons vu ci-dessus que le couple pouvait être positif ou négatif suivant que la charge est entraînée ou entraînante.

a) *Cas où le moteur entraîne la charge = couple résistant positif :*

La deuxième loi de Newton s'écrit :

$$C_D - \frac{C_u}{i\rho_v} = K\frac{d\omega}{dt}$$

d'où :

$$C_D = \frac{C_u}{i\rho_v} + K\frac{d\omega}{dt} \tag{88}$$

b) *Cas où la charge entraîne le moteur = couple résistant négatif :*

$$C_D - \left(-\frac{C_u \rho_i}{i}\right) = K\frac{d\omega}{dt}$$

d'où :

$$C_D = -\frac{C_u \rho_i}{i} + K\frac{d\omega}{dt} \tag{89}$$

2. — Détermination du couple de freinage

L'accélération est dans ces conditions de signe négatif et le couple retardateur d'une masse en mouvement s'écrit alors :

$$\text{Couple retardateur} = K\left(-\frac{d\omega}{dt}\right)$$

(le signe — est utilisé ici car il s'agit d'une accélération négative).

Si nous appelons C_F le couple de freinage qui tend à s'opposer au mouvement, l'équation s'écrit alors :

$$C_F + C_R = K \left(-\frac{d\omega}{dt}\right)$$

(C_R couple résistant dont l'effet vient s'ajouter à l'action de C. s'il est positif et se retrancher s'il est négatif).

Nous allons à nouveau examiner les deux cas :

α) *Couple résistant positif :*

$$C_F + \frac{C_u}{i\rho_v} = K \left(-\frac{d\omega}{dt}\right)$$

$$C_F = -\frac{C_u}{i\rho_v} + K \left(-\frac{d\omega}{dt}\right) \tag{90}$$

β) *Couple résistant négatif :*

$$C_F - \frac{C_u \rho_i}{i} = K \left(-\frac{d\omega}{dt}\right)$$

$$C_F = \frac{C_u \rho_i}{i} + K \left(-\frac{d\omega}{dt}\right) \tag{91}$$

Ainsi, les quatre équations (88), (89), (90) et (91) caractérisent le fonctionnement de tout système.

Remarque. — Lorsque le système est en mouvement rectiligne (tablier d'une raboteuse, grue, ascenseur, etc.) il peut être intéressant de faire intervenir l'accélération linéaire. Ainsi, en portant les expression (77) et (83) dans les quatre équations précédentes, il vient :

$$C_D = \frac{C_u}{i\rho_v} + \frac{PD^2}{2D}\frac{dv}{dt} \tag{92}$$

$$C_D = -\frac{C_u \rho_i}{i} + \frac{PD^2}{2D}\frac{dv}{dt} \tag{93}$$

$$C_F = -\frac{C_u}{i\rho_v} + \frac{PD^2}{2D}\left(-\frac{dv}{dt}\right) \tag{94}$$

$$C_F = \frac{C_u \rho_i}{i} + \frac{PD^2}{2D}\left(-\frac{dv}{dt}\right) \tag{95}$$

C_F et C_u étant exprimé en m/N;

PD^2 : en kg/m²;

$\frac{dv}{dt}$: en m/s²;

D : en mètres est le diamètre correspondant aux inerties, diamètre d'une roue lente ramenée à l'arbre rapide donc :

$$D = \frac{D_{lent}}{i} \quad (96)$$

C. — *Inerties ramenées à l'arbre du moteur*

Dans l'expression de la loi de Newton, K représente l'inertie totale du système. Comme le couple est généralement considéré sur l'arbre du moteur, il est nécessaire de connaître l'expression qui nous permettra d'apprécier les diverses inerties du système (inerties en rotation ou en translation) comme faisant partie d'un tout tournant à la vitesse du moteur d'entraînement.

Nous avons vu en (72) que l'énergie emmagasinée par un ensemble en mouvement circulaire est proportionnelle au carré de la vitesse angulaire :

$$W = \frac{1}{2} K \omega^2$$

Soit un ensemble d'énergie W_1, d'inertie K_1 et de vitesse ω_1 :

$$W_1 = \frac{1}{2} K_1 \omega_1^2$$

Soit un ensemble d'énergie W_2, d'inertie K_2 et de vitesse ω_2 :

$$W_2 = \frac{1}{2} K_2 \omega_2^2$$

Si $W_1 = W_2$:

$$K_1 \omega_1^2 = K_2 \omega_2^2$$

et :

$$K_2 = \frac{K_1 \omega_1^2}{\omega_2^2} \quad (97)$$

Donc, pour une énergie donnée, les inerties sont dans le rapport du carré des vitesses angulaires.

Si nous considérons un treuil, dont le rapport de réduction de l'arbre rapide à l'arbre lent est *i*, sur l'arbre lent de ce treuil étant monté une roue d'entraînement de diamètre D, nous pouvons écrire :

$$\frac{\Omega_1}{\Omega_2} = \frac{D}{i} \quad (98)$$

Ω_1 étant la vitesse lente de la roue et Ω_2 la vitesse du moteur.

En portant cette expression (98) dans (97), on obtient :

$$\boxed{K_2 = K_1 \frac{D^2}{i^2}} \quad \text{ou :} \quad \boxed{PD_2^2 = P_1 \frac{D^2}{i^2}} \qquad (99)$$

K_2 et K_1 étant exprimés en $kg/m/s^2$:

D en m (diamètre de la roue d'entraînement);

i étant le rapport de réduction de l'arbre rapide à l'arbre lent, par exemple $\frac{60}{2}$.

XII. — Relation entre vitesse de l'appareil et vitesse du moteur

Soit :

D : le diamètre de la roue de traction en m;

Ω : la vitesse du moteur en tr/mn;

i : la réduction du treuil;

m : le mouflage;

V : la vitesse nominale de l'appareil en m/s.

Nous avons :

$$V = \frac{\Omega}{60} \times \frac{1}{i} \times \frac{1}{m} \times \pi D$$

EXEMPLE NUMÉRIQUE. — Soit un treuil de réduction $i = \frac{51}{1}$ (treuil à un filet).

Diamètre de la poulie $D = 0{,}54$ m.

Vitesse du moteur à pleine charge $\Omega = 1400$ tr/mn.

Appareil sans mouflage $m = 1$.

$$V = \frac{1\,400}{60} \times \frac{1}{51} \times 3{,}14 \times 0{,}54 = 0{,}77 \text{ m/s}$$

CHAPITRE V

DÉTERMINATION DES APPAREILS

I. — Généralités

Dans les chapitres précédents nous avons procédé à une étude anatomique des ascenseurs et monte-charge. Nous avons vu qu'à l'exception de certains traits caractéristiques qui les distinguent l'un de l'autre lorsqu'on les examine extérieurement, leurs organes constitutifs sont les mêmes : un treuil, un moteur, une arcade, un parachute, des organes de sécurité, etc. Presque tous les éléments qui, chez les constructeurs, servent aux ascenseurs, sont utilisés pour les monte-charge. Seules leur physionomie et leur esthétique sont différentes.

Nous allons examiner dans ce chapitre le côté par lequel ces appareils diffèrent. Nous verrons que d'après leur destination, leurs constitutions, tout en demeurant semblables, s'éloignent par bien des points : alors que le monte-charge est le manuel de ce monde d'automates, avec ses qualités de robustesse, de force, de précision, l'ascenseur en est de plus en plus l'intellectuel, doué parfois d'une intelligence, d'un pouvoir et d'une rapidité d'assimilation et d'adaptation que bien des hommes pourraient lui envier. L'effort des sciences électroniques, encore à leur début, ne fera dans l'avenir qu'augmenter cette différence.

Nous aborderons tout d'abord les aspects généraux qui les caractérisent individuellement : vitesse, manœuvre, capacité; nous apprendrons à les déterminer, à les attribuer et nous en donnerons les raisons. Nous verrons ensuite la réaction réciproque de ces traits de caractère qui fixent la personnalité de ces appareils.

Le technicien chargé du projet de ce choix se trouve face à un problème délicat. En effet, deux alternatives se présentent :

— d'une part, prévoir les appareils adéquats en partant de données entachées d'un coefficient d'erreur assez important parce qu'essentiellement empiriques;

— d'autre part, les implanter dans l'espace minimum, la surface bâtie étant très onéreuse. Les questions d'implantation faisant l'objet d'un chapitre séparé (chap. VI), nous nous bornerons, dans ce chapitre, à l'étude de la détermination proprement dite.

La vitesse, première caractéristique, est importante pour les résultats qu'on attend d'une installation; cependant, elle n'accroît pas proportionnellement à son augmentation les possibilités de l'appareil. Celles-ci sont faites d'autres valeurs élémentaires, comme les temps d'ouverture et de fermeture des portes, l'entrée et la sortie des passagers ou des marchandises transportées, les démarrages et ralentissements, qui ont une grande incidence sur les temps de parcours.

Actuellement, on peut se reporter à un document de base déjà cité dans le chapitre « Réglementation » qui fit son apparition en 1963 sous forme de « Principes d'établissement du programme d'ascenseurs dans les bâtiments à usage d'habitation » que nous allons examiner en premier lieu. Mais on verra que, du point de vue étude de trafic, ce document ne traite pas des immeubles d'affaires et que ses résultats ne leur sont pas applicables.

La manœuvre, deuxième caractéristique, correspond à l'intelligence de l'appareil. Suivant qu'il sera plus ou moins doué, un ascenseur ou une batterie d'ascenseurs pourra enregistrer, analyser avec logique et répondre de la manière la plus adéquate aux demandes des usagers. Une signalisation simple ou particulièrement complète donnera à chaque instant les indications qu'ils devront suivre. Les trafics au cours de la journée pourront changer d'intensité ou de caractère, l'automate s'y adaptera avec souplesse en recherchant dans son cerveau électronique la solution au problème qui se pose et en le résolvant immédiatement.

Mais le choix d'une manœuvre, comme celui de la vitesse, doit être effectué avec beaucoup de soin. A l'heure actuelle, l'expérience des constructeurs est telle que certaines règles pourraient être édictées, mais dans certains cas il est cependant nécessaire de bien considérer le problème car, plus que par la vitesse, la performance de l'appareil en dépend et nécessairement la satisfaction des usagers.

La vitesse et la manœuvre ayant été choisies, le calcul de trafic nous permettra de déterminer la capacité des cabines. Nous verrons alors que le fait de choisir une capacité plus grande qu'il n'est nécessaire, au lieu d'apporter une amélioration, amène au contraire un ralentissement du débit que peut assurer un ascenseur. Nous examinerons les notions de temps d'attente, de temps d'évacuation, établirons les équations qui permettent de résoudre ce problème. Des abaques tenant compte des divers paramètres qui entrent en jeu seront établis et permettront ainsi au technicien de dégrossir la question.

II. — Document technique unifié n° 75-1 d'août 1963

Le but de ce document est de « permettre la détermination des caractéristiques de l'installation d'ascenseurs devant équiper un bâtiment d'habitation de telle manière que le service rendu par cette installation soit

satisfaisant ». Les bases de prise en compte de la population d'un immeuble sont établies d'après les conditions d'attribution des habitations à loyer modéré.

— H.L.M.-Logecos ou immeubles de catégorie similaire : 1 personne par pièce principale + 1,2 personne par logement;

— Immeuble de classe moyenne : 1 personne par pièce principale + 1 personne par appartement;

— Immeuble de luxe : 1,3 personne par chambre à coucher.

La qualité d'une installation est caractérisée par « l'intervalle maximal probable » en ce qui concerne le temps d'attente. Cet intervalle correspond théoriquement au temps maximal qui s'écoule au niveau de départ, entre deux départs consécutifs à la montée d'un appareil, s'il est isolé, ou entre les départs consécutifs à la montée de deux appareils, dans le cas de batterie, de groupe d'ascenseurs ou de groupe de batteries d'ascenseurs.

Le service est estimé satisfaisant si les conditions ci-après sont remplies :

— l'installation est capable de transporter en 5 mn, à la montée, au minimum 7,5 % de la population;

— l'intervalle maximal probable de l'installation doit être au plus égal à 130 s.

Les bâtiments comportant plus de quatre étages au-dessus du hall de départ doivent être desservis par au moins un ascenseur. Dans les bâtiments comportant huit à dix étages au-dessus du hall de départ, il est recommandé d'installer deux ascenseurs, et pour ceux comportant plus de dix étages au-dessus du hall de départ, deux ascenseurs au moins sont obligatoires.

Les charges de 4, 5, 7, 9, 12, 15 et 18 personnes ont été retenues. Le document précise que c'est dans un but de typification du matériel (fig. 101).

Les appareils de 4 et 5 personnes ne sont admis que pour les bâtiments de sept étages au plus au-dessus du hall de départ, à moins que le même immeuble ne soit desservi par un appareil de 7 personnes avec extension.

Ce dernier appareil, destiné au transport des meubles encombrants et des cercueils, est obligatoire dans les immeubles de plus de sept étages au-dessus du hall de départ. La cabine et les portes ont des dimensions normalisées (fig. 13), l'entrée de la cabine devant obligatoirement être située sur un petit côté. La partie extension ne doit, en aucun cas, être réalisée à pleine hauteur.

Les vitesses à adopter sont les suivantes :

— 0,70 m/s avec un moteur à une ou à deux vitesses;

— 1 m/s avec moteur à deux vitesses ou à tension variable ou à variation continue de vitesse;

— 1,50 m/s sous tension variable ou à variation continue de vitesse;

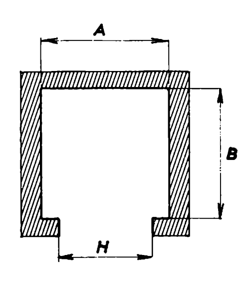
— 2 et 2,50 m/s sous tension variable.

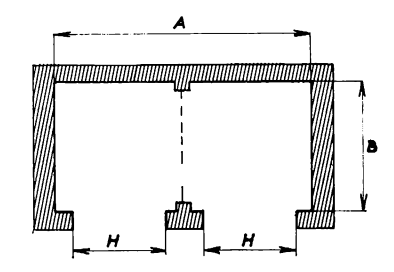
DIMENSIONS DE GAINE ET DE MACHINERIE

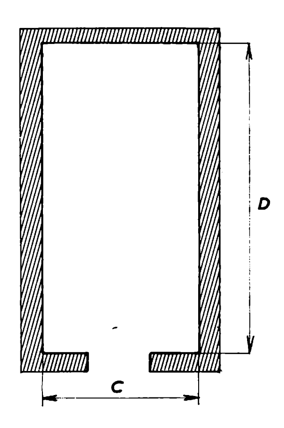
(*Annexe III du D.T.U. n° 75-1 d'août 1963*)

Cabine				*Appareil isolé*				*Deux appareils côte à côte*				*Tous appareils*			
Capacité en personnes	*Charge en kg*	*Surface maximale en m²*	*Vitesse en m/s*	A	B	C	D	A	B	C	D	E	F	G	H
			0,70	1,60	1,40	2,00	2,70	3,40	1,40	4,00	2,70	2,25	5,35	0,80	1,10
4	300	0,93	1,00	1,60	1,40	2,00	2,70	3,40	1,40	4,00	2,70	2,25	5,60	1,00	1,10
			1,50	1,60	1,40	2,00	3,00	3,40	1,40	4,00	3,00	2,25	5,85	1,50	1,10
			0,70	1,60	1,70	2,50	3,00	3,40	1,70	5,00	3,00	2,25	5,35	0,80	1,10
5	375	1,13	1,00	1,60	1,70	2,50	3,00	3,40	1,70	5,00	3,00	2,25	5,60	1,00	1,10
			1,50	1,60	1,70	2,50	3,50	3,40	1,70	5,00	3,50	2,25	5,85	1,50	1,10
			0,70	1,60	2,60	2,50	4,00	3,40	2,60	5,00	4,00	2,25	5,45	0,80	1,30
7	525	1,53	1,00	1,60	2,60	2,50	4,00	3,40	2,60	5,00	4,00	2,25	5,70	1,00	1,30
			1,50	1,90	2,60	3,00	4,00	3,40	2,60	5,00	4,00	2,25	5,95	1,50	1,30
			0,70	1,60	2,60	2,50	4,00	3,40	2,60	5,00	4,00	2,25	5,45	0,80	1,30
			1,00	1,60	2,60	2,50	4,00	3,40	2,60	5,00	4,00	2,25	5,70	1,00	1,30
9	675	1,93	1,50	1,60	2,60	3,00	4,00	3,40	2,60	5,00	4,00	2,25	5,95	1,50	1,30
			2,00	1,90	2,90	4,00	5,00	4,00	2,90	6,00	5,00	3,00	7,00	2,00	1,80
			2,50	1,90	2,90	4,00	5,00	4,00	2,90	6,00	5,00	3,00	7,00	2,50	1,80
			0,70	1,60	2,60	2,50	4,00	3,40	2,60	5,00	4,00	2,25	5,70	1,00	1,30
			1,00	1,60	2,60	2,50	4,00	3,40	2,60	5,00	4,00	2,25	5,95	1,00	1,30
12	900	2,30	1,50	1,60	2,60	3,00	4,00	3,40	2,60	5,00	4,00	2,25	6,20	2,00	1,30
			2,00	1,90	2,90	4,00	5,00	4,00	2,90	6,00	5,00	3,00	7,00	2,50	1,80
			2,50	1,90	2,90	4,00	5,00	4,00	2,90	6,00	5,00	3,00	7,00	2,50	1,80
			0,70	2,40	3,00	4,00	5,00	5,00	3,00	8,00	5,00	3,00	7,00	1,00	2,30
			1,00	2,40	3,00	4,00	5,00	5,00	3,00	8,00	5,00	3,00	7,00	1,50	2,30
15	1 125	2,65	1,50	2,40	3,00	4,00	5,00	5,00	3,00	8,00	5,00	3,00	7,00	2,00	2,30
			2,00	2,40	3,00	4,00	5,00	5,00	3,00	8,00	5,00	3,00	7,00	2,50	2,30
			2,50	2,40	3,00	4,00	5,00	5,00	3,00	8,00	5,00	3,00	7,00	2,50	2,30
			0,70	2,40	3,00	4,00	5,00	5,00	3,00	8,00	5,00	3,00	7,00	1,00	2,30
			1,00	2,40	3,00	4,00	5,00	5,00	3,00	8,00	5,00	3,00	7,00	1,50	2,30
18	1 350	3,00	1,50	2,40	3,00	4,00	5,00	5,00	3,00	8,00	5,00	3,00	7,00	2,00	2,30
			2,00	2,40	3,00	4,00	5,00	5,00	3,00	8,00	5,00	3,00	7,00	2,50	2,30
			2,50	2,40	3,00	4,00	5,00	5,00	3,00	8,00	5,00	3,00	7,00	2,50	2,30

NOTA. - Dans le cas d'emploi de portes de cabine à fonctionnement automatique, et si la vitessee st inférieure ou égale à 1,50 m/s et si la charge est supérieure ou égale à 525 kg, il y a lieu d'augmenter la cote A de 0,25 m pour un appareil isolé, de 0,50 m pour deux appareils côte à côte et à la cote B de 0,10 m.







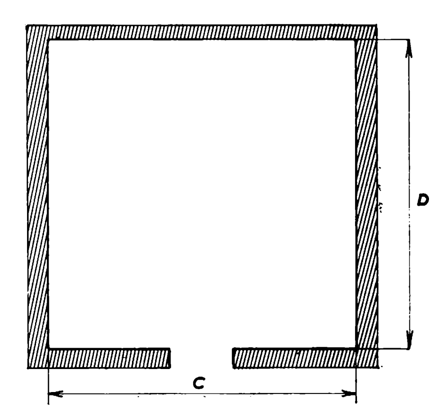


FIG. 101. — *Dimensions des gaines et des machineries d'après le D.T.U.*

Le service des ascenseurs peut se faire pour tous les niveaux ou un sur deux, ou un sur trois, mais dans tous les cas, l'usager ne doit pas avoir à parcourir plus de deux étages.

L'isonivelage (à ne pas confondre avec le nivelage) est obligatoire :

— dans les bâtiments comportant plus de quinze niveaux au-dessus du hall de départ;

— dans les bâtiments comportant huit à dix niveaux au-dessus du hall de départ, lorsque exceptionnellement la machinerie est à la partie inférieure.

Ces textes ont été établis pour donner aux maîtres d'œuvre, en l'absence de toutes autres indications, les éléments de détermination des appareils, en particulier pour les immeubles « tours ». Trop d'erreurs et trop d'abus avaient été commis antérieurement, dont les habitants supportent les inconvénients.

Si ces textes sont valables en ce qui concerne notamment les articles qui imposent l'installation d'ascenseurs à partir d'un certain nombre de niveaux et d'un monte-meubles, nous verrons dans ce qui va suivre qu'ils pouvaient se résumer en quelques chiffres :

— 7,5 % de la population à prendre en compte en 5 mn;

— temps d'attente maximal probable de x secondes, et comment, à partir de ces deux axiomes, une installation est nécessairement déterminée soit par le calcul, soit au moyen d'abaques.

Avant d'aborder l'étude du trafic des ascenseurs et des monte-charge nous allons tout d'abord examiner deux questions qui caractérisent essentiellement une installation et font partie de la personnalité propre des appareils :

— les vitesses et les systèmes d'entraînement;

— les manœuvres.

III. — Vitesses et systèmes d'entraînement

Lorsque nous avons étudié les moteurs, nous avons parlé de moteurs à une vitesse, à deux vitesses, de systèmes à voltage variable (avec treuil ou avec gearless). Nous allons examiner dans ce paragraphe les raisons qui militent en faveur de l'un ou l'autre de ces systèmes. Elles sont d'ordre économique et d'ordre technique.

Les réseaux de distribution de l'énergie électrique sont actuellement tous alimentés par une tension alternative, diphasée 2 × 230 V, 50 Hz pour Paris rive droite, monophasée 230 V, 50 Hz dans une grande partie de Paris rive gauche, triphasée 127/220 ou 220/380 V en banlieue, dans toute la province et à l'étranger.

Nous avons vu également qu'un moteur d'ascenseur doit répondre à certaines sujétions particulières à ce genre d'appareil. En courant alternatif, le moteur couramment employé est du type asynchrone à double cage, en une ou deux vitesses.

Il existe d'autres moteurs qui pourraient être utilisés : le moteur asynchrone à rotor bobiné et à bagues, le moteur polyphasé à collecteur, mais non seulement ces machines sont plus fragiles, nécessitent un entretien plus onéreux et sont accompagnées d'appareillages complexes de démarrage, mais elles sont aussi beaucoup plus chères. Le choix s'est donc fixé sur le moteur à cage.

Cependant, comme nous le verrons dans ce qui va suivre, ces moteurs ne peuvent pas subvenir à tous les besoins de l'ascenseur. En effet, leur utilisation est limitée par la vitesse de l'appareil et les conditions de confort, aussi bien pendant le démarrage qu'au moment du freinage.

Nous avons vu à l'étude de leurs caractéristiques que ces moteurs n'offrent pratiquement aucune possibilité simple de contrôle de leur vitesse. Lorsque celles-ci atteignent les valeurs pour lesquelles ces moteurs ne sont plus utilisables, on en revient au bon vieux courant continu.

C'est aux environs de 1890 que les ingénieurs Ward et Léonard eurent l'idée d'actionner les machines d'extraction des mines par un moteur à courant continu à excitation indépendante alimenté par un groupe convertisseur. Le système de base est resté le même après près d'un siècle, à part des améliorations que les études sur les servomécanismes ont permis de lui apporter.

Alors, deux dispositifs sont utilisés :

— le moteur à courant continu équipant un treuil normal : c'est l'ensemble que les Américains appellent « geared »;

— le moteur à courant continu faisant directement office de treuil. Il est construit pour tourner à vitesse lente et la roue de traction est calée sur son arbre même. C'est le « gearless ».

Dans les deux cas, on dit que l'ascenseur est entraîné par un dispositif à « voltage variable ».

Nous allons passer en revue les diverses applications de ces systèmes.

A. — *Appareils à une vitesse*

Afin de situer les idées, examinons le cas de l'ascenseur le plus commun, charge utile 300 kg (4 personnes) vitesse 0,80 m/s, treuil en haut. La surface d'une telle cabine est de 0,93 m² et sa largeur de 1 m environ. Son poids (appareil en paroi lisse) est donc :

		kg
Parois	: $3{,}8 \times 1{,}1 \times 11{,}5 =$	48
Plancher	: $70 \times 0{,}93 =$	65,1
Toit	: $20 \times 0{,}93 =$	18,6
Arcade	$\left\{ 60 \times 1{,}00 = \right.$	60 60
Parachute		40
Accessoires		80
		371,71, soit 370 kg

Poids du contrepoids :

$$370 + \frac{300}{2} = 520 \text{ kg}$$

Le treuil est à un filet, réduction $i = \frac{51}{1}$; diamètre de la poulie de traction :

$$D_{lent} = 0{,}54 \text{ m}$$

Une poulie de détour, d'où rendement direct de l'installation $\rho_v = 0{,}4$.

Le treuil étant presque irréversible, le rendement inverse de l'installation est :

$$\rho_i = 0{,}15$$

Le PD^2 de l'ensemble moteur/treuil et volant d'inertie est de l'ordre de 0,8 kg/m².

Le couple de freinage du frein du treuil est de 10 m/kg.

Le couple utile sur la roue d'entraînement est :

$$C_u = \frac{C_R}{2} \times \frac{\text{Diamètre poulie}}{2} = \frac{300}{2} \times \frac{0{,}54}{2} = 40{,}5 \text{ m/kg}$$

L'appareil est équilibré à 50 %.

Le PD^2 des masses en translation ramené à l'arbre rapide du moteur est d'après (99) :

— en charge :

$$PD_1^2 = (P_{cab} + P_{ch} + P_{cpds}) \frac{D^2}{i^2}$$

$$PD_1^2 = (370 + 300 + 520) \frac{0{,}54^2}{51^2} = 0{,}133 \text{ kg/m}^2$$

— à demi-charge :

$$PD_2^2 = \left(370 + \frac{300}{2} + 520\right) \frac{0{,}54^2}{51^2} = 0{,}116 \text{ kg/m}^2$$

— à vide :

$$PD_3^2 = (370 + 0 + 520) \frac{0{,}54^2}{51^2} = 0{,}099 \text{ kg/m}^2$$

En faisant intervenir les rendements direct ρv et inverse ρi de l'installation et en tenant compte du PD^2 des masses en rotation rapide = 0,8 kg/m² :

— en charge

cabine en montée (couple positif) :

$$PD_4^2 = \frac{0{,}133}{0{,}4} + 0{,}8 = 1{,}13 \text{ kg/m}^2$$

cabine en descente (couple négatif) :

$$PD_5^2 = \frac{0{,}133}{0{,}15} + 0{,}8 = 1{,}67 \text{ kg/m}^2$$

— à demi-charge, montée ou descente, le rendement est légèrement supérieur, et de l'ordre de 0,5 :

$$PD_6^2 = \frac{0,116}{0,5} + 0,8 = 1,03 \text{ kg/m}^2$$

— à vide

cabine en montée (couple négatif) :

$$PD_7^2 = \frac{0,099}{0,15} + 0,8 = 1,46 \text{ kg/m}^2$$

cabine en descente (couple positif) :

$$PD_8^2 = \frac{0,099}{0,4} + 0,8 = 1,05 \text{ kg/m}^2$$

a) Accélération négative (freinage) montée à pleine charge, d'après (94) :

$$C_F = -\frac{C_u}{i\rho_v} + \frac{PD_4^2}{2D}\left(-\frac{dv}{dt}\right)$$

$$-\frac{dv}{dt} = \frac{C_F + \dfrac{C_u}{i\rho_v}}{\dfrac{PD_4^2}{2D}} = \frac{10 \times 9,81 + \dfrac{40,5 \times 9,81}{51 \times 0,4}}{\dfrac{1,13}{2\dfrac{0,54}{51}}} = 2,22 \text{ m/s}^2$$

b) Accélération négative descente à pleine charge d'après (95) :

$$C_F = \frac{C_u \rho_i}{i} + \frac{PD_5^2}{2D}\left(-\frac{dv}{dt}\right)$$

$$-\frac{dv}{dt} = \frac{C_F - \dfrac{C_u \rho_i}{i}}{\dfrac{PD_5^2}{2D}} = \frac{10 \times 9,81 - \dfrac{40,5 \times 9,81}{51}}{\dfrac{1,67}{2\dfrac{0,54}{51}}} = 1,23 \text{ m/s}^2$$

c) Accélération négative à demi-charge montée ou descente. Dans ce cas le couple utile est nul et l'expression de C_F se réduit à :

$$C_F = \frac{PD_6^2}{2D}\left(-\frac{dv}{dt}\right)$$

$$-\frac{dv}{dt} = \frac{C_F}{\dfrac{PD_6^2}{2D}} = \frac{10 \times 9,81}{\dfrac{1,03}{2\dfrac{0,54}{51}}} = 2,02 \text{ m/s}^2$$

d) Accélération négative en montée à vide d'après (95); c'est, aux inerties près, la même expression que descente pleine charge, le couple utile est le même :

$$-\frac{dv}{dt} = \frac{C_F - \frac{C_u \rho_i}{i}}{\frac{PD_7^2}{2D}} = \frac{10 \times 9{,}81 - \frac{40{,}5 \times 9{,}81 \times 0{,}15}{51}}{\frac{1{,}46}{2\frac{0{,}54}{51}}} = 1{,}4 \text{ m/s}^2$$

e) Accélération négative en descente à vide d'après (94); c'est, aux inerties près, la même expression que montée à pleine charge, le couple utile est le même :

$$-\frac{dv}{dt} = \frac{C_F + \frac{C_u}{i\rho_v}}{\frac{PD_8^2}{2D}} = \frac{10 \times 9{,}81 + \frac{40{,}5 \times 9{,}81}{51 \times 0{,}4}}{\frac{1{,}05}{2\frac{0{,}54}{51}}} = 2{,}38 \text{ m/s}^2$$

Les vitesses sont respectivement les suivantes :

Cas *a*) :

$$V_a = \frac{1\,400}{60} \times \frac{1}{51} \times 3{,}14 \times 0{,}54 = 0{,}77 \text{ m/s}$$

Cas *b*) : le moteur tourne au synchronisme :

$$V_b = \frac{1\,500}{1\,400} \times 0{,}77 = 0{,}83 \text{ m/s}$$

Cas *c*) : le moteur tourne au synchronisme :

$$V_c = 0{,}83 \text{ m/s}$$

Cas *d*) :

$$V_d = V_b = 0{,}83 \text{ m/s}$$

Cas *e*) :

$$V_e = V_a = 0{,}77 \text{ m/s}$$

Les distances d'arrêt seront alors respectivement, d'après (50) :

$$e = \frac{V^2}{2\gamma}$$

$$e_a = \frac{0{,}77^2}{2 \times 2{,}22} = 0{,}132 = 13 \text{ cm}$$

$$e_b = \frac{0{,}83^2}{2 \times 1{,}23} = 0{,}28 = 28 \text{ cm}$$

$$e_c = \frac{0{,}83^2}{2 \times 2{,}02} = 0{,}17 = 17 \text{ cm}$$

$$e_d = \frac{0{,}83^2}{2 \times 1{,}40} = 0{,}245 = 24{,}5 \text{ cm}$$

$$e_e = \frac{0{,}77^2}{2 \times 2{,}38} = 0{,}125 = 12{,}5 \text{ cm}$$

L'appareil, lors du montage, est souvent réglé de sorte que la cabine étant à demi-charge, la dénivellation soit nulle à l'arrêt, aussi bien en montée qu'en descente (appareil équilibré à 50 %). (En réalité, comme nous le verrons, il serait préférable, pour les appareils d'immeubles d'habitation, de régler l'arrêt pour qu'une dénivellation de l'ordre de 2 cm soit obtenue à demi-charge, l'arrêt s'effectuant avant le niveau.)

Dans ces conditions, les dispersions peuvent se traduire sur le graphique de la figure 102.

La précision d'arrêt est définie comme étant la différence entre la distance d'arrêt en charge en descente et la distance d'arrêt à vide en descente (ces

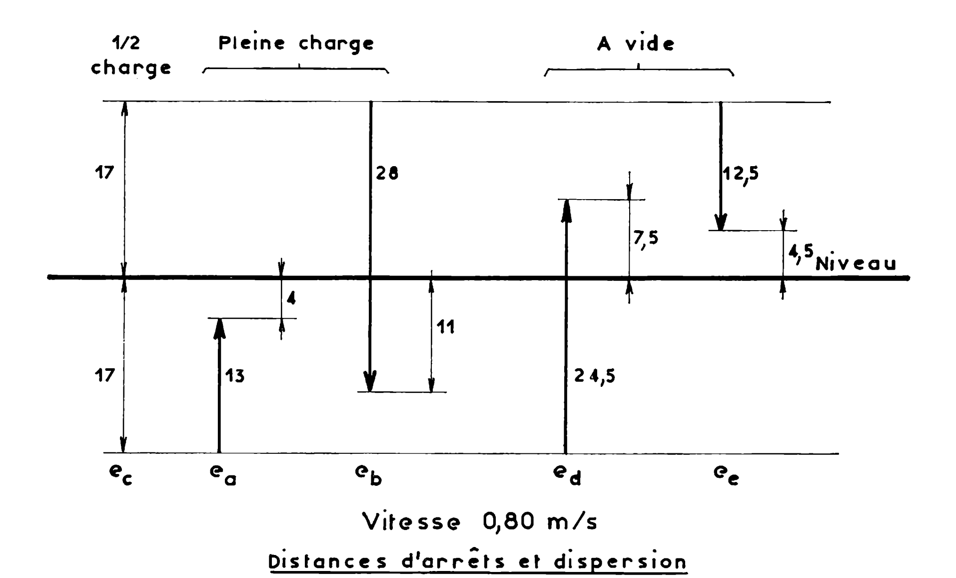


FIG. 102. — *Diagramme des arrêts, vitesse* 0,80 *m/s. Les cotes sont exprimées en centimètres.*

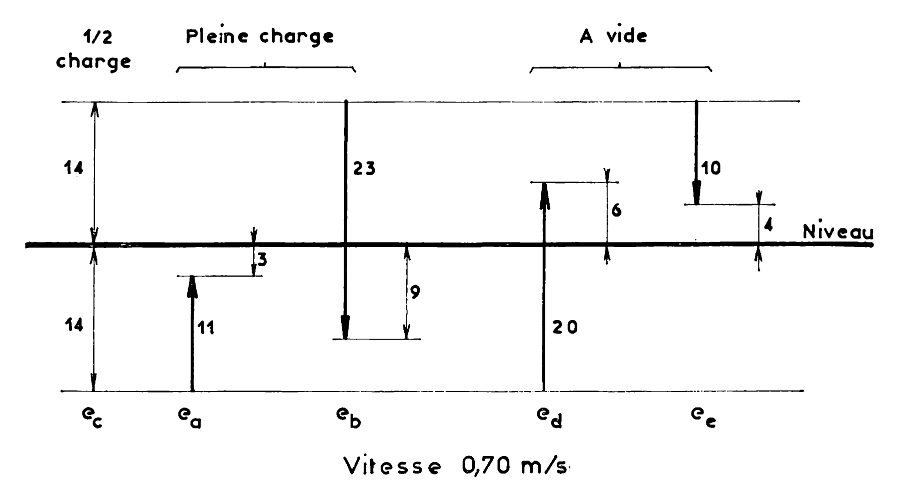


FIG. 103. — *Diagramme des arrêts, vitesse* 0,70 *m/s. Les cotes sont exprimées en centimètres.*

opérations étant effectuées à mi-course pour que le déséquilibre des câbles soit nul). Ces deux cas sont les plus défavorables.

Précision d'arrêt :

$$e_b - e_e$$

Dans l'exemple choisi, elle est de :

$$26{,}5 - 11 = 15{,}5 \text{ cm.}$$

Si nous reprenons les calculs avec le même treuil, les mêmes inerties, la vitesse étant réduite à 0,70 m/s par un accouplement intermédiaire entre treuil et moteur par courroies trapézoïdales par exemple (ceci, afin de simplifier la comparaison), nous allons obtenir (fig. 103) : 11 cm, 23 cm, 14 cm, 20 cm et 10 cm.

Et la précision d'arrêt sera :

$$e_b - e_e = 23 - 10 = 13 \text{ cm}$$

Ainsi, une augmentation de vitesse de 14 % se traduit par une plus grande dénivellation (imprécision) de 30 %, ce qui est normal puisque *e* varie comme le carré des vitesses.

REMARQUE. — Il est possible d'améliorer la précision d'arrêt en agissant simultanément sur deux paramètres :

— en augmentant l'inertie des masses en rotation rapide de sorte que

l'influence des inerties dues aux variations de la charge en cabine soit moins importante;

— et en augmentant parallèlement le couple freinage du frein mécanique, ce qui rend ce terme prépondérant par rapport aux variations du couple (charge en cabine).

Mais ces augmentations ont des limites, d'une part, de technologie de construction car elles conduisent à des treuils surdimensionnés, d'autre part, de type de moteur car ce dernier doit être capable d'assurer le service sans échauffement exagéré. Or, comme nous allons le voir, le fait d'augmenter les inerties conduit à des temps de démarrage trop importants.

En effet, dans le premier cas, l'accélération à pleine charge en montée sera, d'après (92) :

$$C_D = \frac{C_u}{i\rho v} + \frac{PD_4^2}{2D}\frac{dv}{dt}$$

$$\text{d'où : } \frac{dv}{dt} = \frac{C_D - \dfrac{C_u}{i\rho v}}{\dfrac{PD_4^2}{2D}} = 5{,}65 \times 9{,}81 - \frac{\dfrac{40{,}5 \times 9{,}81}{0{,}4 \times 51}}{\dfrac{1{,}13}{2\,\dfrac{0{,}54}{51}}} = 0{,}68 \text{ m/s}^2$$

(Le couple nominal du moteur de 5 CV d'une telle installation est en effet :

$$C_N = 716\frac{P}{\omega} = 716\frac{5}{1\,400} = 2{,}56 \text{ m/kg}$$

et son couple moyen de démarrage :

$$C_D = 2{,}2\ C_N = 2{,}2 \times 2{,}56 = 5{,}65 \text{ m/kg}$$

Le temps pour démarrer est alors d'environ (en réalité, le phénomène est plus complexe) :

$$t = \frac{v}{\gamma} = \frac{0{,}77}{0{,}68} = 1{,}13 \text{ s}$$

Le fait d'augmenter PD_4^2 conduirait à des temps qui risqueraient de provoquer l'échauffement anormal du moteur au moment des heures de pointe.

On voit donc les raisons pour lesquelles *les constructeurs limitent à* 0,70 m/s ou 0,80 m/s *la vitesse des ascenseurs actionnés par un moteur à une vitesse.* Il n'est guère possible, en réalité, de parler de « précision » d'arrêt.

La vitesse de 0,80 m/s, apparue depuis quelques années à peine, n'apporte pas une amélioration intéressante; au contraire :

— Son incidence, sur les performances de l'appareil est insignifiante, en particulier dans les immeubles d'habitation;

— la nécessité d'augmenter les inerties de base et le couple de freinage conduit à une usure plus rapide de l'appareil. Les garnitures de frein ont à absorber une énergie (dissipée sous forme de chaleur et de détérioration du ferodo) de 30 % supérieure (toutes choses égales) à celle d'un appareil à 0,70 m/s, le jeu des butées du treuil s'accentue plus rapidement pour les raisons identiques. Or, beaucoup d'abonnements d'entretien étant pris sous la forme simple, ne comprennent pas la remise en état de ces usures, considérées à juste titre, comme le résultat de l'exploitation. Les frais d'entretien supportent ces dépenses et le coût s'en ressent sensiblement;

— la précision d'arrêt est moins bonne.

B. — *Appareils à deux vitesses*

Dans ces ascenseurs ou monte-charge, l'organe est toujours le treuil.

Ici, deux cas se présentent. Nous avons vu en effet, dans le paragraphe précédent, l'amélioration qu'apporte une diminution de la vitesse pour des inerties et couples donnés. Ainsi, l'utilisation d'un moteur à deux vitesses a un but nettement déterminé, celui d'obtenir une plus grande précision grâce à l'emploi d'une vitesse réduite, dite de « nivelage, » avant l'arrêt. Mais si le but est le même, il dérive de deux objectifs différents :

— s'il s'agit d'un *monte-charge*, la petite vitesse va permettre une précision telle que le passage de charges glissées ou transportées sur des chariots à petites roues s'effectue aisément, sans détériorer les seuils cabine et palier. La grande vitesse sera réduite à des valeurs de l'ordre de 0,40 m/s et la petite vitesse, suivant le rapport des pôles, à 0,10 m/s ou moins;

— pour *l'ascenseur*, le point de départ est l'augmentation au-delà de 0,70 ou 0,80 m/s (limite du système à une vitesse) de la vitesse de l'appareil, la petite vitesse servant seulement à obtenir un arrêt convenable dont le confort bénéficie également.

Nous allons examiner les raisons qui limitent l'emploi des moteurs à deux vitesses.

Prenons l'exemple d'un ascenseur de 525 kg (7 personnes), vitesse 1,20 m/s, treuil en haut, équilibrage 50 %.

La surface d'une telle cabine est de 1,53 m², sa largeur supposée de 1,10 m.

L'appareil est en paroi lisse. Le poids de la machine est donc :

			kg
Parois	: $7,5 \times 1,1 \times 11,5$	=	95
Plancher	: $70 \times 1,53$	=	106
Toit	: $20 \times 1,53$	=	31

Arcade $\left\{\begin{array}{l} \\ 60 \times 1{,}10 \end{array}\right.$ $\begin{array}{r} 60 \\ = 66 \end{array}$

Parachute amorti : 100

Accessoires : 80

538, soit 540 kg.

Poids du contrepoids :

$$540 + \frac{525}{2} = 802 \text{ kg}$$

Treuil à deux filets, réduction $\frac{70}{2}$

Diamètre de la poulie de traction : 0,54 m.

Une poulie de détour est utilisée, d'où le rendement direct de l'installation :

$$\rho_v = 0{,}475$$

Le treuil est légèrement réversible, le rendement inverse est :

$$\rho_i = 0{,}28$$

La puissance du moteur sera d'après (26) :

$$P = \frac{\left(\frac{525}{2} + 30 + 26\right) 1{,}20}{75 \times 0{,}475} = 10{,}7 \text{ CV}$$

Le moteur choisi sera de 12 CV, 1410/210 tr/mn, 4/24 pôles.

Le P D^2 de l'ensemble moteur/treuil/volants sera :

PD^2 du moteur + PD^2 des autres = 1,37 + 1,08 = 2,45 kg/m²

Couple de démarrage du moteur = $2{,}35 C_N$:

$$C_N = 716 \frac{P}{\omega} = 716 \frac{12}{1\,410} = 6{,}1 \text{ m/kg}$$

$$C_D = 2{,}35 \ C_N = 14{,}3 \text{ m/kg}$$

Le couple de freinage d'un tel moteur est égal à 2,04 C_N :

$$C_F = 2{,}04 \ C_N = 12{,}4 \text{ m/kg}$$

Le couple résistant utile sur la poulie de traction est :

$$C_u = F \times R = F \times \frac{D_{lent}}{2} = \frac{525}{2} \times \frac{0{,}54}{2} = 70{,}7 \text{ m/kg}$$

Calcul des PD²

Le PD² de masses en translation ramené à l'arbre rapide du moteur est d'après (100) :

$$PD^2 = (P_{cab} + P_{ch} + P_{cpds}) \frac{D^2}{i^2}$$

en charge :

$$PD_1^2 = (540 + 525 + 802) \frac{0{,}54^2}{35^2} = 0{,}44 \text{ kg/m}^2$$

à demi-charge :

$$PD_2^2 = (540 + 262 + 802) \frac{0{,}54^2}{35^2} = 0{,}38 \text{ kg/m}^2$$

à vide :

$$PD_3^2 = (540 + 0 + 802) \frac{0{,}54^2}{35^2} = 0{,}32 \text{ kg/m}^2$$

En faisant intervenir le rendement global et en tenant compte du PD² des masses en rotation rapide :

en charge

cabine en montée :

$$PD_4^2 = \frac{0{,}44}{0{,}475} + 2{,}45 = 3{,}38 \text{ kg/m}^2$$

cabine en descente :

$$PD_5^2 = \frac{0{,}44}{0{,}28} + 2{,}45 = 4{,}02 \text{ kg/m}^2$$

à demi-charge : montée ou descente, avec un rendement de 0,6 :

$$PD_6^2 = \frac{0{,}38}{0{,}6} + 2{,}45 = 3{,}08 \text{ kg/m}^2$$

à vide

cabine en montée :

$$PD_7^2 = \frac{0{,}32}{0{,}28} + 2{,}45 = 3{,}59 \text{ kg/m}^2$$

cabine en descente :

$$PD_8^2 = \frac{0{,}32}{0{,}475} + 2{,}45 = 3{,}12 \text{ kg/m}^2$$

a) Accélération négative (freinage) montée à pleine charge :

$$-\frac{dv}{dt}=\frac{C_F+\frac{C_u}{i\rho_v}}{\frac{PD_4^2}{2D}}=\frac{12{,}4\times 9{,}81+\frac{70{,}7\times 9{,}81}{35\times 0{,}475}}{\frac{3{,}38}{2\frac{0{,}54}{35}}}=1{,}48\ \text{m/s}^2$$

b) Accélération négative descente à pleine charge :

$$-\frac{dv}{dt}=\frac{C_F-\frac{C_u\rho_i}{i}}{\frac{PD_5^2}{2D}}=\frac{12{,}4\times 9{,}81-\frac{70{,}7\times 0{,}28\times 9{,}81}{35}}{\frac{4{,}02}{2\cdot\frac{0{,}54}{35}}}=0{,}9\ \text{m/s}^2$$

c) Accélération négative à demi-charge, montée ou descente :

$$-\frac{dv}{dt}=\frac{C_F}{\frac{PD_6^2}{2D}}=\frac{12{,}4\times 9{,}81}{\frac{3{,}08}{2\frac{0{,}54}{35}}}=1{,}22\ \text{m/s}^2$$

d) Accélération négative en montée à vide :

$$-\frac{dv}{dt}=\frac{C_F-\frac{C_u\rho_i}{i}}{\frac{PD_7^2}{2D}}=\frac{12{,}4\times 9{,}81-\frac{70{,}7\times 0{,}28\times 9{,}81}{35}}{\frac{3{,}59}{2\frac{0{,}54}{35}}}=1{,}00\ \text{m/s}^2$$

e) Accélération négative en descente à vide :

$$-\frac{dv}{dt}=\frac{C_F+\frac{C_u}{i\rho_v}}{\frac{PD_8^2}{2D}}=\frac{12{,}4\times 9{,}81+\frac{70{,}7\times 9{,}81}{35\times 0{,}475}}{\frac{3{,}12}{2\frac{0{,}54}{35}}}=1{,}63\ \text{m/s}^2$$

f) Accélération montée à pleine charge, d'après (92) :

$$C_D=\frac{C_u}{i\rho_v}+\frac{PD_4^2}{2D}\frac{dv}{dt}$$

$$\frac{dv}{dt}=\frac{C_D-\frac{C_u}{i\rho_v}}{\frac{PD_4^2}{2D}}=\frac{14{,}3\times 9{,}81-\frac{70{,}7\times 9{,}81}{35\times 0{,}475}}{\frac{3{,}38}{2\frac{0{,}54}{35}}}=0{,}9\ \text{m/s}^2$$

g) Accélération montée à vide, d'après (93) :

$$C_D = -\frac{C_u \rho_i}{i} + \frac{PD_7^2}{2D}\frac{dv}{dt}$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{C_D + \frac{C_u \rho_i}{i}}{\frac{PD_7^2}{2D}} = \frac{14,3 \times 9,81 + \frac{70,7 \times 0,28 \times 9,81}{35}}{\frac{3,59}{2\frac{0,54}{35}}} = 1,26 \text{ m/s}^2$$

Calcul des vitesses réelles

$$V_a = \frac{1\,410}{60} \times \frac{1}{35} \times 3,14 \times 0,54 = 1,14 \text{ m/s}$$

$$V_b = \frac{1\,500}{1\,410} \times 1,14 = 1,21 \text{ m/s}$$

$$V_c = 1,21 \text{ m/s}$$

$$V_d = V_b = 1,21 \text{ m/s}$$

$$V_e = V_a = 1,14 \text{ m/s}$$

Au synchronisme petite vitesse, la vitesse sera $\frac{1,21}{6} = 0,20$ m/s.

Calcul des distances de ralentissement

D'après :

$$e = \frac{(V - v)^2}{2\gamma} :$$

$$e_a = \frac{(1,14 - 0,20)^2}{2 \times 1,48} = 0,30 \text{ m} = 30 \text{ cm}$$

$$e_b = \frac{(1,21 - 0,20)^2}{2 \times 0,90} = 0,57 \text{ m} = 57 \text{ cm}$$

$$e_c = \frac{(1,21 - 0,20)^2}{2 \times 1,22} = 0,42 \text{ m} = 42 \text{ cm}$$

$$e_d = \frac{(1,21 - 0,20)^2}{2 \times 1,00} = 0,51 \text{ m} = 51 \text{ cm}$$

$$e_e = \frac{(1,14 - 0,20)^2}{2 \times 1,63} = 0,27 \text{ m} = 27 \text{ cm}$$

Les appareils à deux vitesses sont réglés pour que, dans le cas le plus favorable, la distance à parcourir en petite vitesse soit minimale. Cependant, une certaine marge est conservée, de l'ordre de 10 cm, pour permettre la stabilisation en petite vitesse avant le coup de frein final.

Dans l'exemple ci-dessus, la plus longue distance de freinage est 57 cm (descente à pleine charge). Le freinage moteur devra donc se produire à $57 + 10 = 67$ du niveau cm.

Par contre, la plus courte distance étant de 27 cm (descente à vide ou bien avec une seule personne, la distance variant peu), l'appareil parcourra $67 - 27 = 40$ cm. On dit familièrement que l'ascenseur « se traîne ».

D'autre part, si nous considérons les valeurs des accélérations pendant le démarrage, en descente à vide (ou avec une seule personne), elle est de l'ordre de 1,26 m/s², valeur limite pour l'impression ressentie. Par contre, elle est seulement de 0,9 à pleine charge en montée, valeur pratiquement idéale.

Nous avons pris la vitesse de 1,20 m/s pour traiter cet exemple, car c'est la limite que se fixent les constructeurs pour l'emploi du moteur à deux vitesses. On voit d'après les valeurs de décélération que pousser au-delà conduirait à des chiffres trop éloignés. Les décélérations de 1,63 m/s² (une seule personne en cabine) procurent déjà une sensation désagréable.

Elles seraient supérieures, avec des vitesses plus élevées, à moins d'utiliser des dispositifs compliqués et onéreux pour adapter le couple de ralentissement aux différentes charges.

D'autre part, les ascenseurs à deux vitesses étant installés dans des immeubles où le trafic prend une certaine acuité, le fait de « se traîner » pendant 0,40 m à 0,20 m/s (ce qui correspond à une perte de temps de 2 s) influe sensiblement sur les performances de l'appareil.

Dans ce qui précède, nous n'avons pas tenu compte de la distance parcourue pendant le temps de réponse des organes de commande du freinage moteur, car ce temps est identique quels que soient la charge et le sens de déplacement de la cabine. Mais, le monteur d'ascenseur ne le néglige pas et recule, par rapport au niveau, l'organe d'arrêt de la distance nécessaire correspondante.

Précision d'arrêt

Nous allons considérer les deux états qui la définissent :

— distance d'arrêt en charge en descente;

— et distance d'arrêt à vide en descente.

Nous avons vu que, au synchronisme (moteur à vide), la vitesse est de 0,20 m/s (dans l'exemple ci-dessus, le moteur comportant 24 pôles pour la petite vitesse).

En pleine charge la petite vitesse est :

$$v = \frac{210}{250} \times 0{,}20 = 0{,}168 \text{ m/s}$$

(210 tr/mn étant nous l'avons vu la petite vitesse du moteur en charge).

Si nous admettons que le frein est réglé pour obtenir approximativement le couple de freinage du moteur, les valeurs des accélérations seront alors pour les deux cas, en reprenant les valeurs précédentes.

γ_b pour descente en charge : 0,9 m/s²

γ_c pour descente ou montée à 1/2 charge : 1,22 m/s²

γ_e pour descente à vide : 1,63 m/s²

Et nous aurons respectivement :

$$e_b = \frac{0{,}20^2}{2 \times 0{,}9} = 0{,}022 \text{ m} \qquad \text{soit } 2{,}2 \text{ cm}$$

$$e_c = \frac{0{,}20^2}{2 \times 1{,}22} = 0{,}016 \text{ m} \qquad \text{soit } 1{,}6 \text{ cm}$$

$$e_e = \frac{0{,}168^2}{2 \times 1{,}63} = 0{,}008 \text{ m} \qquad \text{soit } 0{,}8 \text{ cm}$$

La précision d'arrêt est 2,2 — 0,8 = 1,4 cm.

La dénivellation de part et d'autre du niveau sera donc :

— dénivellation au-dessous de 2,2 — 0,8 = 0,6 cm pour descente en charge;

— pas de dénivellation pour 1/2 charge ;

— dénivellation au-dessus de 1,6 — 0,8 = 0,8 cm pour descente à vide.

Des dénivellations moindres pourraient être obtenues facilement en augmentant l'action du frein électromagnétique.

Celui-ci ne subit pratiquement pas d'usure car la plus grande partie de l'énergie est dissipée sous forme de chaleur dans le rotor du moteur pendant le passage de grande en petite vitesse.

La vitesse de 1,20 m/s limite donc en général l'emploi du moteur à deux vitesses. Au-dessus, on emploie le dispositif à voltage variable.

C. — Voltage variable

Ce dispositif diffère entièrement des moteurs à une ou deux vitesses. On l'emploie généralement à partir de la vitesse de 1,50 m/s. On peut l'utiliser

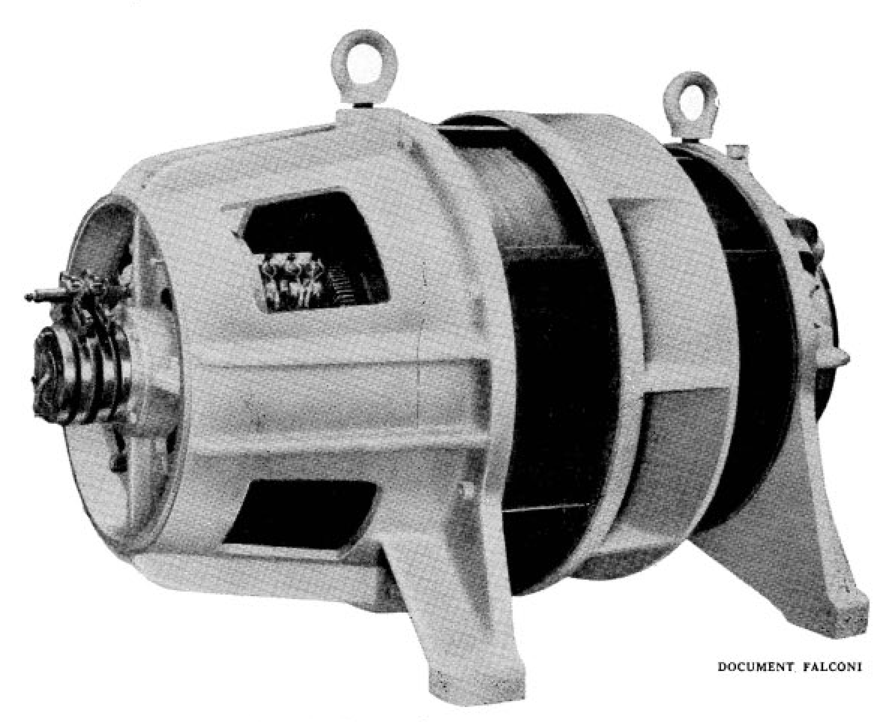
pour des vitesses inférieures, et n'était-ce son prix de revient, ce serait le système idéal d'entraînement des monte-malades où le confort et la précision d'arrêt devraient primer toute autre considération, mais les crédits accordés aux administrations des hôpitaux ne permettent pas souvent cette dépense.

La vitesse des appareils à voltage variable est limitée seulement par les besoins réels, et les ascenseurs de très haute vitesse, 8 m/s ou même davantage, n'ont qu'un intérêt technique spectaculaire. Ce sont des exceptions car les nécessités de telles vitesses sont très rares. Ces appareils sont cependant le reflet d'une haute technicité en raison des difficultés de réalisation et des sécurités accrues.

Dans les mines, les ascenseurs de transport du personnel atteignent des vitesses de l'ordre de 10 à 15 m/s, mais les distances à parcourir sont importantes (600 m, 800 m et davantage) et justifient ces valeurs. Ces appareils sont utilisés par les ouvriers, habitués quotidiennement à les emprunter et entrent en considération dans le rendement des équipes.

1. — Description

Le dispositif à voltage variable permet le réglage de la vitesse du moteur de traction, de zéro à la vitesse nominale et retour à zéro.

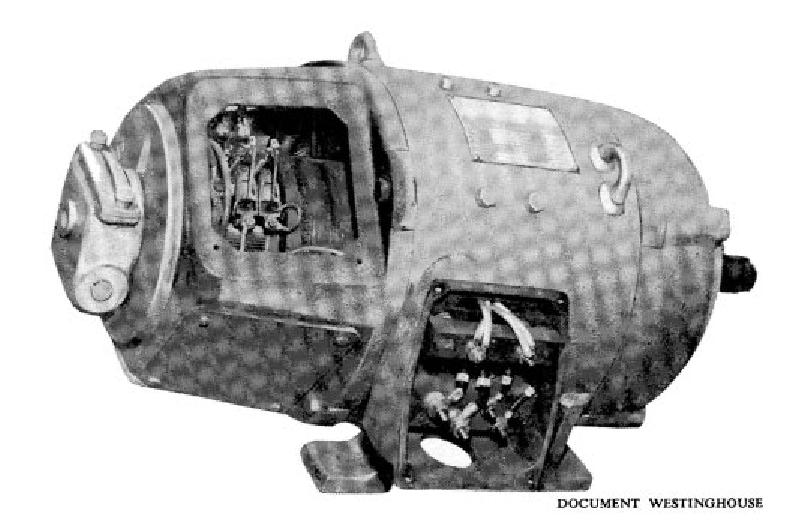


DOCUMENT FALCONI

FIG. 104. — *Groupe convertisseur.*

Le système est basé sur le fait que la vitesse d'un moteur à courant continu à excitation constante varie avec la tension appliquée à l'induit.

Le moteur de traction d'un tel ascenseur sera donc un moteur à courant



DOCUMENT WESTINGHOUSE

FIG. 105. — *Moteur à courant continu : il est plus long, et moins compact qu'un moteur à courant alternatif.*

continu. Mais, comme nous le savons, les réseaux de distribution fournissant une tension alternative, le moteur est alimenté par une génératrice de courant continu laquelle est elle-même entraînée par un moteur à courant alternatif connecté au réseau,

L'ensemble voltage variable est donc composé de trois machines :

— un groupe convertisseur : moteur polyphasé + génératrice calés sur le même arbre (fig. 104);

— un moteur de traction continu à excitation indépendante (fig. 105).

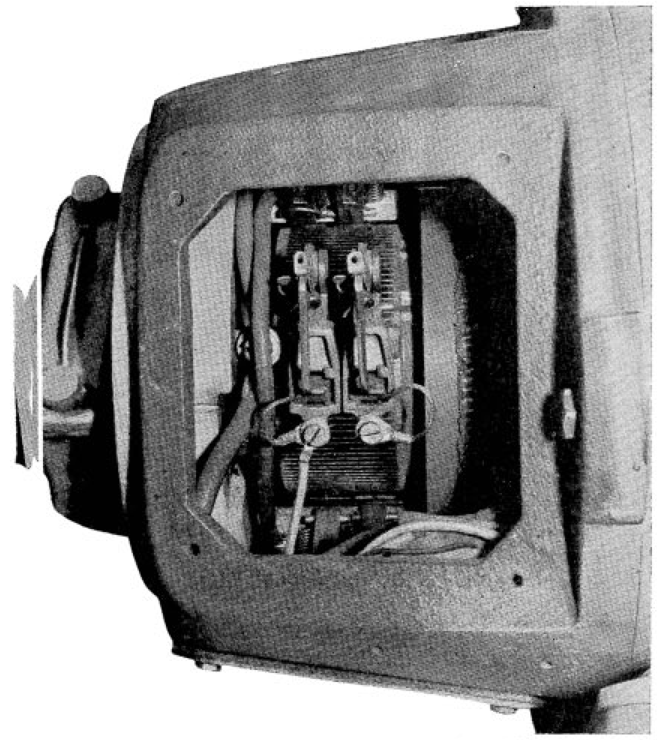
2. — Préliminaire à l'étude du fonctionnement du voltage variable

A) MOTEUR A COURANT CONTINU A EXCITATION SÉPARÉE

Nous allons rappeler brièvement les notions élémentaires sur ce type de moteur.

Un moteur à courant continu est composé de deux circuits électriques :

— *l'inducteur* (en général, c'est la partie fixe périphérique) alimenté par une source auxiliaire (séparée) de courant continu fournit l'excitation du



DOCUMENT WESTINGHOUSE

FIG. 106. — *Induit de moteur à courant continu. On voit les lames du collecteur et des balais.*

moteur. Il crée un champ magnétique fixe réparti suivant le nombre de pôles du moteur. Le bobinage est réalisé de telle sorte que les pôles de noms contraires soient diamétralement opposés. Il est réalisé en fil de section faible par rapport à celle de l'induit;

— *l'induit* est composé d'un ensemble de cadres de fil ou barre de cuivre, également répartis, c'est-à-dire décalés l'un par rapport à l'autre d'un même angle. Ces cadres sont soudés à un cylindre composé de secteurs isolés entre eux : le collecteur. Sur le collecteur sont disposés les balais (ou charbons) qui conduisent le courant de la source continue aux cadres précités. Le nombre de balais est égal au nombre de pôles de l'inducteur (fig. 106).

L'ensemble, inducteur et induit, obéit à la loi de Laplace. Ainsi, si l'on envoie un courant par les balais du collecteur dans les cadres qui constituent l'induit, chacun des cadres est soumis à un couple électromagnétique qui tend à le déplacer dans le champ de l'inducteur. Chaque cadre participe à

son tour à ce déplacement et provoque la rotation du moteur et la formation du couple moteur.

Nous n'entrerons pas plus avant dans ce domaine largement exposé par les ouvrages d'électrotechnique.

B) VARIATION DE VITESSE DU MOTEUR A EXCITATION SÉPARÉE

On démontre en électrotechnique les deux relations fondamentales qui régissent le fonctionnement d'un tel moteur :

— une relation de couple :

$$C = k_1 I \Phi \qquad (101)$$

— une relation de vitesse :

$$\Omega = k_2 \frac{U - RI}{\Phi} \qquad (102)$$

dans lesquelles :

U est la tension aux bornes de l'induit (variable);

I est le courant dans l'induit (variable);

R est la résistance totale de l'induit (constante);

Φ est le flux inducteur (constant);

k_1 et k_2 sont des constantes qui dépendent de la fabrication du moteur.

Ainsi, le flux Φ étant constant :

— la première relation exprime la proportionnalité entre le couple C exercé sur l'induit et le courant I dans celui-ci;

— la deuxième relation nous montre que la vitesse est proportionnelle à la différence entre la tension appliquée à l'induit et le produit RI, que l'on appelle « réaction d'induit ». Ainsi, pour une tension donnée U_1, et un couple donné (I est alors fixé), la vitesse est bien déterminée. Mais pour cette même tension, si le couple est supérieur, RI est alors plus important, la différence U — RI plus petite, la vitesse est donc plus faible. Et vice versa si le couple résistant est inférieur.

Or, nous avons vu précédemment que, dans un ascenseur, les couples varient, en particulier pour les appareils à grande vitesse équipés d'une machine réversible, entre des valeurs positives et négatives. Le courant I pourra par conséquent prendre proportionnellement des valeurs de même signe que celles des couples :

— en couple positif, nous aurons donc U — RI;

— en couple négatif, nous aurons donc U + RI.

Et pendant une même course, lorsque le poids des câbles de suspente n'est pas équilibré, nous savons également que celui-ci intervient dans la valeur du couple résistant appliqué au moteur.

Aux faibles vitesses, en particulier, c'est-à-dire pour de faibles valeurs de U, l'influence du terme RI se fait d'autant plus sentir.

Pour obtenir une bonne précision d'arrêt il est indispensable que la vitesse de nivelage soit identique à chaque manœuvre. Il est donc nécessaire d'agir sur le terme U pour compenser la perte de vitesse due à RI lorsque le couple est plus important. RI s'appelle également « la chute ohmique », c'est-à-dire la chute de tension due à la résistance de l'induit par le courant proportionnel au couple. Comme U et RI s'expriment en volts, c'est à leur différence, en volts, qu'est proportionnelle la vitesse du moteur.

Deux opérations doivent donc être simultanément effectuées :

— d'une part, pouvoir faire varier la tension U aux bornes de l'induit;

— d'autre part, compenser automatiquement la réaction d'induit en augmentant U lorsque le couple varie dans les valeurs positives et en diminuant U lorsqu'il varie dans les valeurs négatives.

C'est ce que réalise l'ensemble moteur/génératrice.

C) ENSEMBLE A VOLTAGE VARIABLE

Lorsque l'induit d'un moteur à courant continu est entraîné mécaniquement, il peut fournir du courant et se comporte alors comme une génératrice.

La génératrice est donc un moteur analogue au moteur de traction, mais entraînée par un autre moteur, les deux machines formant le groupe convertisseur.

La variation de la tension continue aux bornes de l'induit de la génératrice s'obtient en faisant varier le flux inducteur, c'est-à-dire le courant dans l'inducteur, cette dernière variation étant bien entendu provoquée par une variation de la tension aux bornes de cet enroulement.

Dans ces conditions, si nous relions les induits du moteur et de la génératrice et si nous faisons varier la tension aux bornes de l'inducteur de cette dernière, nous obtiendrons une variation de vitesse du moteur. Celui-ci étant excité séparément par l'intermédiaire d'un redresseur relié au réseau alternatif, directement ou indirectement par un transformateur (fig. 107).

L'excitation de la génératrice était, il y a quelques années encore, fournie par une autre petite génératrice auxiliaire, l'excitatrice, entraînée par le même moteur alternatif. Mais avec le développement des théories sur les servomécanismes, les progrès dans l'utilisation des courants faibles, aussi bien dans la forme électronique (lampes, semi-conducteurs) que dans la forme magnétique (amplificateurs magnétiques, transducteurs), la tendance actuelle se porte vers la suppression de l'excitatrice et l'application de ces éléments statiques.

Alors que la compensation du terme RI s'effectuait le plus souvent avec l'usage de l'excitatrice par des résistances disposées dans ses circuits et par

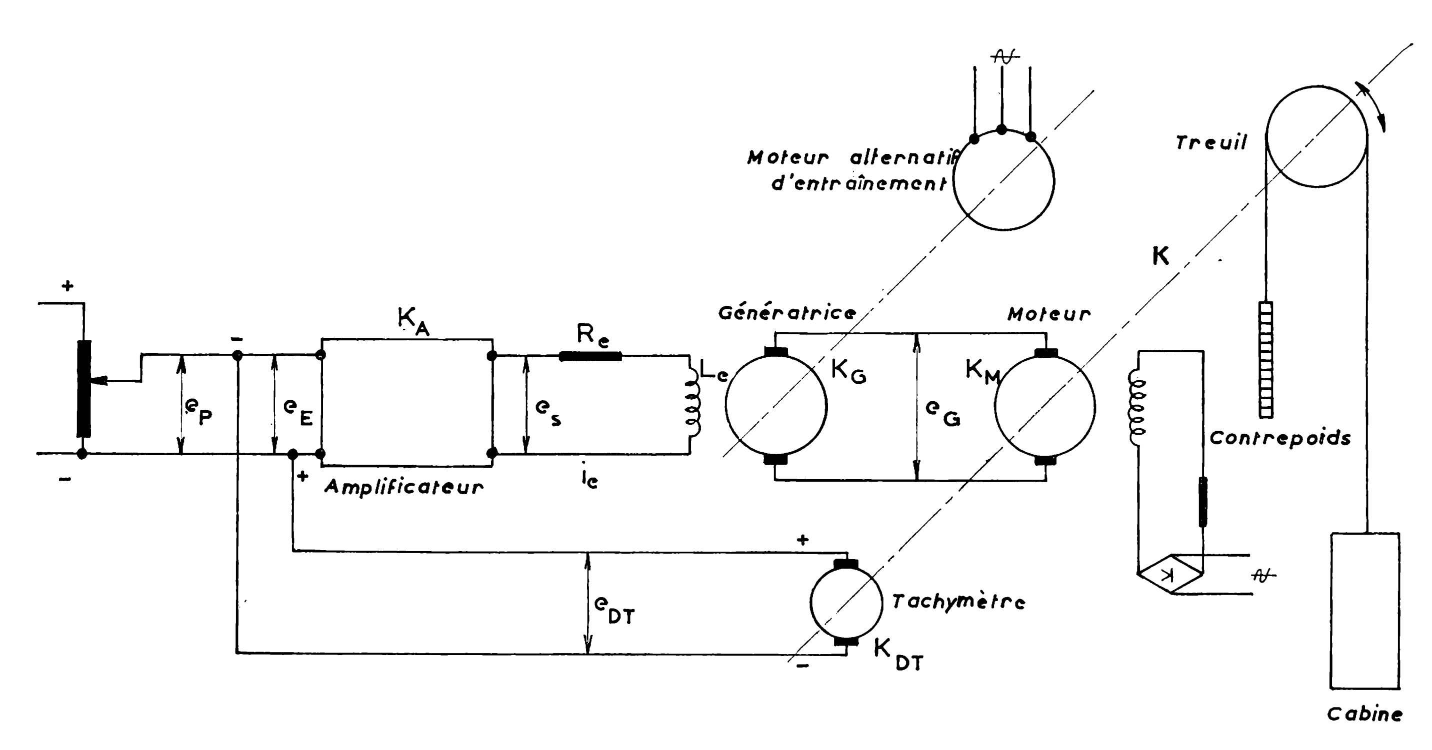


FIG. 107. — *Schéma de principe d'un ascenseur à voltage variable monté en servomécanisme de vitesse.*

paliers, les servomécanismes effectuent une analyse permanente et progressive de la vitesse et du couple et asservissent les appareils à un programme de marche prédéterminé.

L'étude de dynamique de ces systèmes est hors des limites de cet ouvrage. Nous nous bornerons à en exposer l'aspect qualificatif.

D) DESCRIPTION DE L'ASSERVISSEMENT

On dit qu'un système est asservi lorsque les variations de la variable réglée provoquent des réactions qui tendent à les corriger.

Dans un tel système on utilise comme commande la *différence* entre un signal de référence et une fonction de la variable réglée. Cette différence est appelée *erreur*. C'est elle qui, injectée à l'entrée du système, maintient après amplification la variable réglée à l'intérieur de certaines limites fixées à l'avance.

Si nous représentons un tel système sous forme de schéma fonctionnel, nous y trouvons les organes suivants (fig. 108) :

Le comparateur : c'est dans les circuits du comparateur que s'effectue le mélange de la grandeur d'entrée ou de référence et de la grandeur de réaction. La comparaison s'effectue en opposant des signaux électriques de signes contraires. Le comparateur peut être un ensemble de circuits électroniques ou magnétiques. Il fait appel à des puissances extrêmement faibles, de l'ordre du milliwatt, moins parfois. Il sera donc nécessaire de

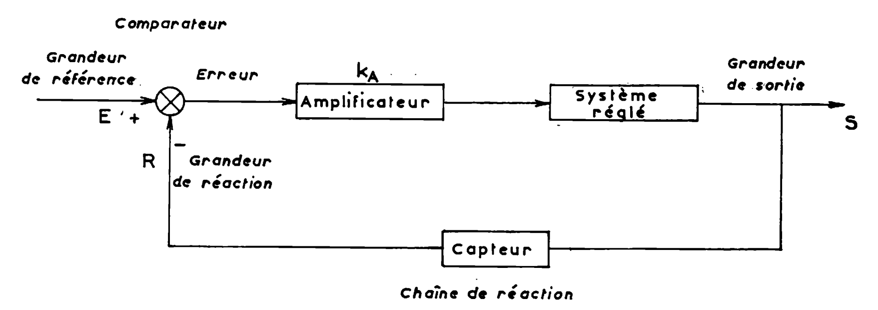


FIG. 108. — *Schéma fonctionnel du servomécanisme.*

les amplifier pour obtenir dans l'organe de puissance les quelques centaines de watts nécessaires à la commande ;

— à la sortie du comparateur, *le signal d'erreur;* c'est la différence E — R;

— l'*amplificateur* qui amplifie K_A fois le signal d'erreur. Il comporte le plus souvent une chaîne composée d'un préamplificateur et d'un ampli-

ficateur de puissance. C'est lui qui, avec le comparateur, forme les circuits électroniques (lampes + thyratrons ou transistors + thysistors) ou magnétiques (transducteur + amplificateur magnétique) du système;

— le *système réglé;*

— le *capteur* qui mesure la variable réglé ou grandeur de sortie et la transforme en une grandeur R de même nature que la grandeur de référence E.

L'ensemble forme une « chaîne de réaction en boucle fermée ».

Pour une valeur donnée de la grandeur d'entrée, E doit correspondre une valeur déterminée de la grandeur de sortie S, traduite par une valeur de R, de sorte que S est l'image de la différence E — R.

Dans ces conditions, à une augmentation de la grandeur de sortie S correspond une variation dans le même sens de R et, par conséquent, une diminution de E — R et par la même de S. La grandeur S reprend donc la valeur primitive.

Les corrections de la grandeur de sortie ne s'effectuent qu'avec un certain retard par rapport à la variation de E — R, retard dû aux constantes de temps des circuits utilisés et aux inerties du système, de sorte que l'ensemble peut entrer en oscillations. Mais alors que les oscillations électriques n'offrent ici aucun inconvénient, les oscillations mécaniques représentent un réel danger qui se traduit par une fatigue des pièces en mouvement. Lorsque les oscillations sont entretenues, on dit que le système « pompe ».

Pour stabiliser un servomécanisme, on dispose dans la boucle un circuit supplémentaire dont le rôle est d'anticiper l'action de la grandeur de réaction. Ce circuit agit en opposition sur l'erreur.

3. — Application au voltage variable des ascenseurs

Le schéma de principe est représenté figure 107.

Un amplificateur électronique ou magnétique constitué par un préamplificateur et un amplificateur de puissance alimente le circuit inducteur d'une génératrice dont l'induit est relié en permanence à l'induit du moteur à courant continu de traction.

L'excitation de ce dernier est alimentée par un redresseur de courant connecté au réseau alternatif directement ou indirectement par transformateur, suivant la tension nominale de l'enroulement inducteur.

L'ensemble amplificateur électronique ou magnétique et génératrice forment l'amplificateur de la boucle de la figure 108, car la génératrice est également un amplificateur de puissance.

Le moteur correspond au système réglé.

La grandeur de sortie est la vitesse du moteur, mais comme une grandeur d'une telle nature n'est pas directement utilisable, on la transforme en

grandeur électrique à l'aide du capteur. Celui-ci, constitué par une dynamo tachymétrique entraînée par l'arbre du moteur, engendre une tension e_{DT} proportionnelle à la vitesse du moteur. Cette tension est injectée dans l'amplificateur et comparée (c'est-à-dire mise en opposition de signes) à une tension de référence e_P. C'est la différence entre ces deux tensions qui est appliquée à l'entrée de l'amplificateur à courant continu.

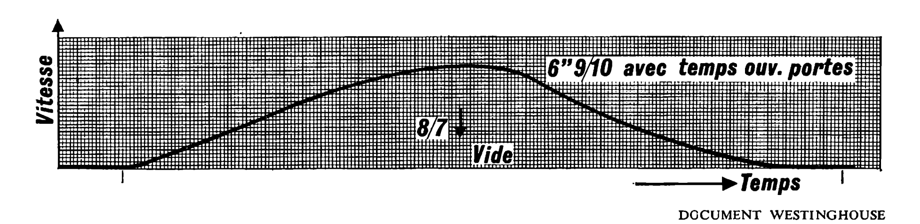
La tension de référence est en même temps la tension de programme. On donne à la variation de cette tension dans le temps une forme qui correspond à celle que devra prendre la vitesse pour réaliser les meilleures conditions de confort, compte tenu d'une accélération suffisante pour que les performances de l'appareil soient maximales.

Grâce à la boucle de réaction, le moteur, pendant les périodes d'accélération, de marche en grande vitesse, de décélération jusqu'à la vitesse zéro, suit rigoureusement la loi qui lui est imposée, d'autant mieux que la « précision » du système est meilleure.

Le servomécanisme peut prendre en charge la vitesse du moteur avant même que le frein ne se lève et ne l'abandonne qu'après que la vitesse zéro ait été atteinte et le frein soit retombé (fig. 109). Celui-ci ne sert qu'à bloquer l'appareil à l'arrêt. Son usure est pratiquement nulle.

Mais puisque le freinage est essentiellement électrique, où passe l'énergie que les masses en mouvement libèrent pendant cette opération? C'est là tout l'intérêt du système Ward-Léonard : il fonctionne en récupération. Pendant le démarrage et la marche normale en couple positif (appareil entre demi-charge et pleine charge en montée ou entre à vide et demi-charge en descente comme nous l'avons déjà vu), le moteur se comporte comme un moteur. Il absorbe une énergie prise à la génératrice qui, elle-même, la prend au réseau par l'intermédiaire du moteur alternatif du groupe.

Par contre, pendant le freinage, le couple s'est renversé, il est devenu négatif, c'est-à-dire couple entraînant au lieu d'être résistant comme auparavant. Il en est de même pendant la marche en couple négatif (appareil entre vide et demi-charge en montée ou entre demi-charge et pleine charge en descente).



DOCUMENT WESTINGHOUSE

FIG. 109. — *Relevé oscillographique (vitesse/temps) d'un voltage variable à 1,50 m/s, pendant la course entre deux niveaux successifs. On remarquera que l'appareil atteint à peine la vitesse nominale qu'il ne peut pas conserver en raison de la distance insuffisante à parcourir.*

Le moteur a donc tendance à être entraîné par les masses en mouvement et se comporte alors comme une génératrice, alors que la génératrice dont la tension d'excitation a diminué pour créer le ralentissement devient moteur. Ce nouveau moteur a donc lui-même tendance à entraîner le moteur alternatif au-delà de sa vitesse de synchronisme, mais celui-ci est freiné par le réseau.

Le moteur alternatif à son tour est devenu une génératrice asynchrone,

FIG. 110 à 115 - *Diagrammes vitesse/temps et intensité/temps d'un ascenseur à 2m/s entraîné par un dispositif à voltage variable.*

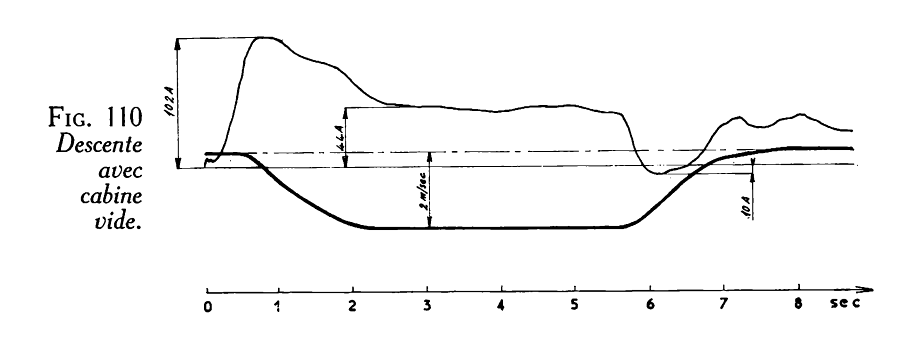


FIG. 110
Descente avec cabine vide.

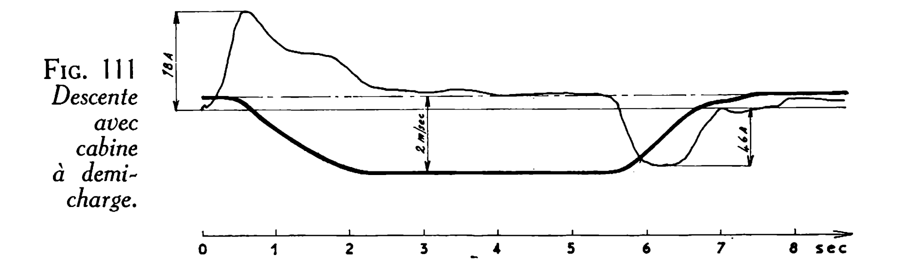


FIG. 111
Descente avec cabine à demi-charge.

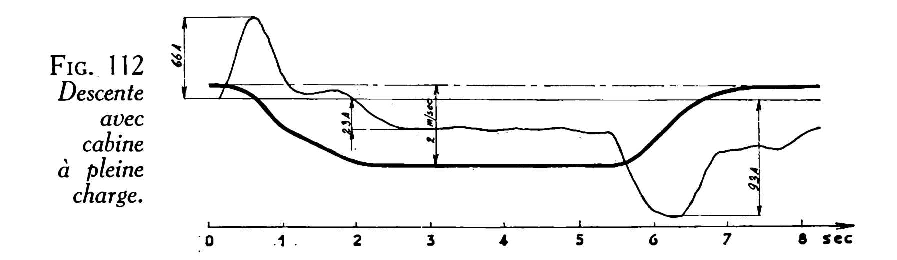


FIG. 112
Descente avec cabine à pleine charge.

mais le courant qu'il veut fournir au réseau entre en opposition avec le courant provenant de ce dernier. La puissance du réseau étant pratiquement infiniment supérieure, la vitesse du moteur alternatif reste voisine de sa vitesse de synchronisme. Le moteur de traction ralentit.

Les figures ci-après représentent des diagrammes vitesse/temps et intensité/temps relevés sur un appareil de 600 kg à 2 m/s dont la traction est réalisée directement par un « gearless » :

— fig. 110 : descente à vide (couple positif, charge résistante);
— fig. 111 : descente à demi-charge (couple nul);

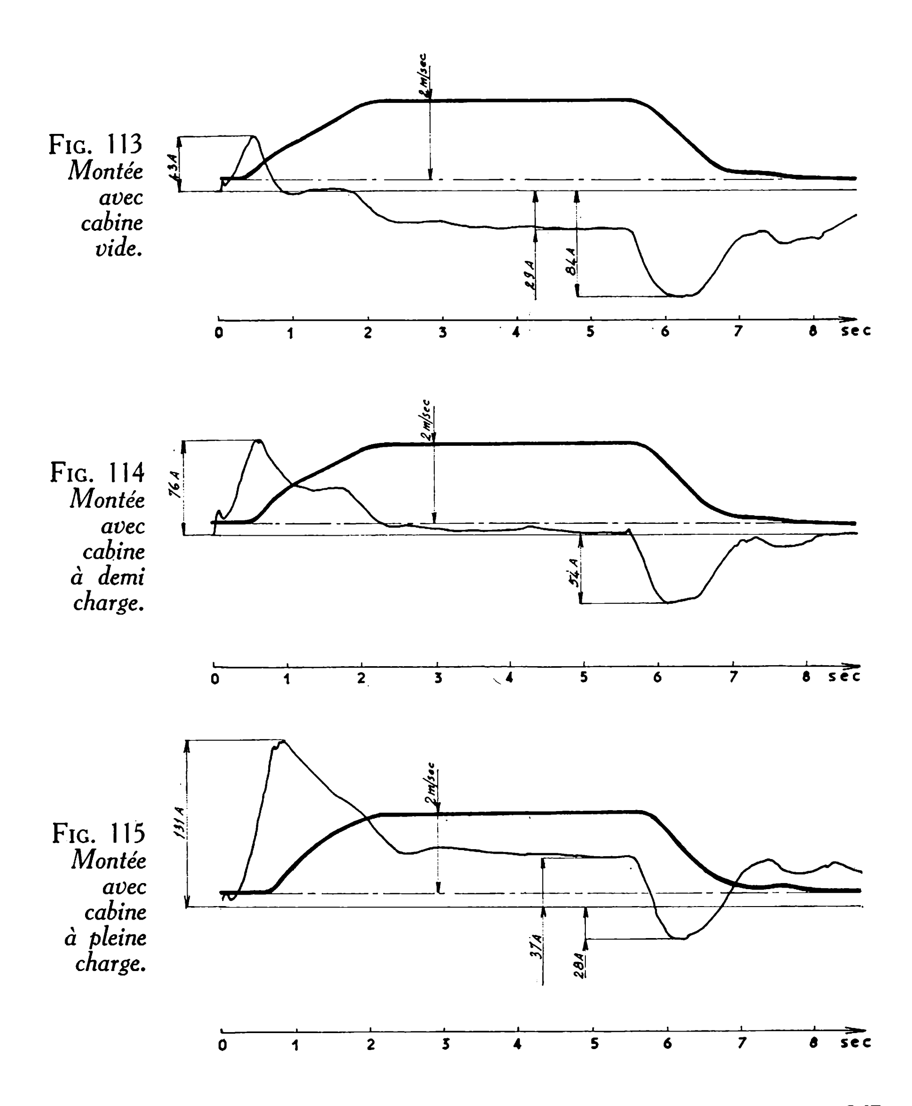


Fig. 113 *Montée avec cabine vide.*

Fig. 114 *Montée avec cabine à demi charge.*

Fig. 115 *Montée avec cabine à pleine charge.*

— fig. 112 : descente à pleine charge (couple négatif, charge entraînante);
— fig. 113 : montée à vide (couple négatif);
— fig. 114 : montée à demi-charge (couple nul);
— fig. 115 : montée à pleine charge (couple positif).

Les courbes en gros traits correspondent aux vitesses, celles en traits fins aux intensités.

Le gearless est une machine de 10 CV, 210 V, intensité nominale 50 A.

On voit que la vitesse suit de très près la même loi, quelle que soit la charge. En particulier, la petite vitesse de nivelage est de l'ordre du dix-huitième de la grande vitesse. Sa durée est sensiblement la même dans les six cas; elle est de l'ordre de la seconde : l'appareil ne traîne pas.

Dans ces conditions, à $\frac{2}{18} = 0{,}11$ m/s, la précision d'arrêt est excellente, d'autant plus que le programme conduit l'appareil jusqu'à l'arrêt complet.

Par contre, les fluctuations de l'intensité sont intéressantes. La pointe au moment du démarrage est d'autant plus importante que le couple est plus grand. Elle atteint le maximum dans le cas de la figure 115 avec 131 A, soit 2,6 fois l'intensité nominale du moteur.

On voit également la pointe à chaque freinage, mais l'intensité est inversée car le moteur débite dans la génératrice le couple est alors entraînant. Là aussi l'intensité de pointe est maxima lorsque le couple négatif est maximum. C'est le cas du freinage lors de la descente à pleine charge (fig. 112) avec 93 A.

Sur cette même figure, l'intensité pendant la marche normale est aussi négative, car pendant la descente à pleine charge le moteur se comporte comme une génératrice et fournit du courant au réseau par l'intermédiaire du groupe convertisseur.

D. — *Gearless*

La vitesse de 1,50 m/s est généralement le maximum adopté pour l'utilisation des treuils. En effet, au-delà de cette valeur, des vibrations prennent naissance dans le couple qu'il devient difficile d'éliminer et qui nuisent au confort de l'appareil. Certains constructeurs poussent les treuils à 1,75 m/s, mais nous ne pensons pas que cela présente un intérêt primordial, comme nous le verrons dans l'étude du trafic.

Il existe également des treuils conçus spécialement, munis d'un système élastique entre le couple et les gorges de la poulie de levage pour absorber les vibrations, mais leur application est récente et leurs durées de fonctionnement ne permettent pas encore d'apprécier à leur juste valeur leur

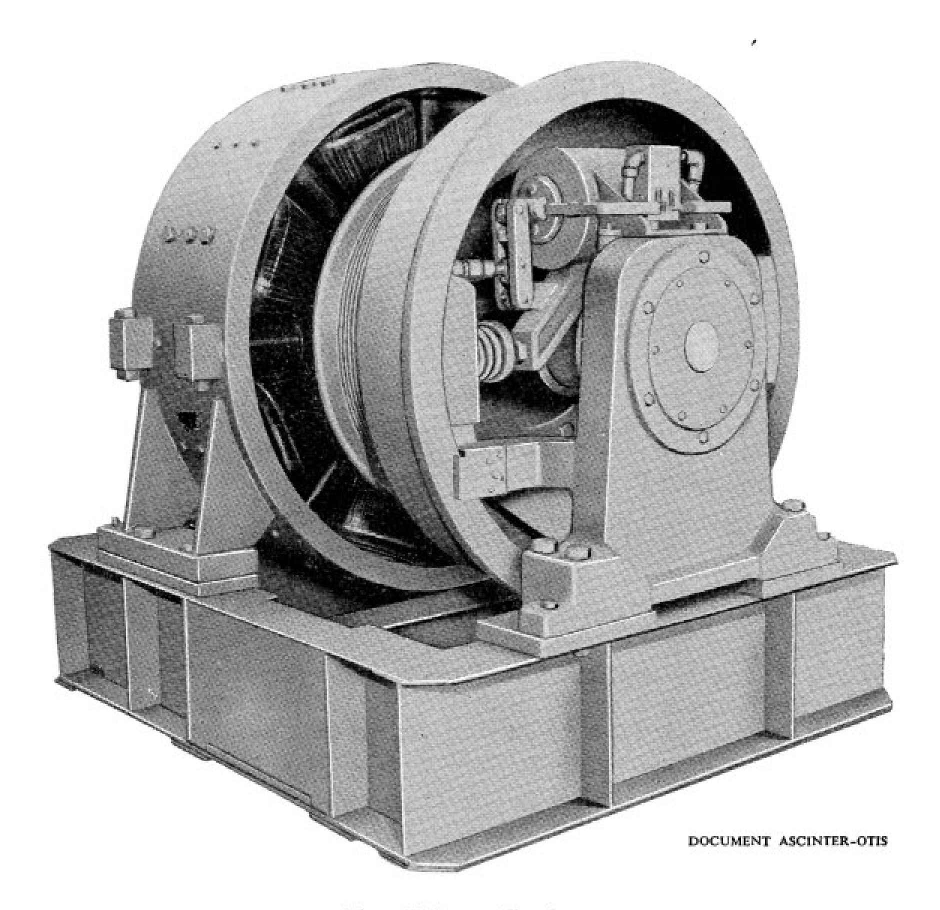

DOCUMENT ASCINTER-OTIS

FIG. 116. — *Gearless.*

« fiabilité ». Il semble que les résultats obtenus donnent entière satisfaction à 2,50 m/s.

Ces treils font l'objet d'une fabrication spéciale dont les tolérances sont très serrées. Il s'ensuit que leur prix de revient est supérieur à celui d'un treuil normal, mais malgré tout leur coût est très nettement inférieur à celui du gearless. Les relevés effectués à l'oscillographe permettent de constater l'absence de variations de la courbe pendant les périodes d'accélération ou de ralentissement et, par conséquent, de vibrations dues au couple du treuil et d'assimiler cette courbe à celle obtenue avec un gearless.

Pour les vitesses supérieure à 1,50 m/s, les Américains ont utilisé bien avant les constructeurs européens, dans les buildings élevés, le moteur lui-même en guise de treuil. Ils l'ont dénommé « gearless ». Le gearless (fig. 116) est donc simplement un moteur à courant continu et à vitesse

lente sur l'arbre duquel la poulie de traction est directement calée. Alors que le moteur du treuil tourne de 1 000 à 1 200 tr/mn, le gearless tourne de 75 à 100 tr/mn environ, suivant la vitesse à obtenir.

Les vibrations qui provenaient du couple du treuil sont ainsi supprimées.

Ce moteur n'a toutefois point l'aspect d'un moteur normal.

Ses dimensions et son poids sont beaucoup plus importants. Le treuil est, en effet, en même temps qu'un réducteur de vitesse, un multiplicateur de couple. Le gearless doit supporter le couple de l'ascenseur directement sur son arbre. Or, nous avons vu que l'expression du couple était $C = K_1 \Phi$. Sur quel facteur peut-on agir ?

Il n'est pas possible d'agir sur I car cela conduirait à modifier également la constitution de la génératrice qui, elle, tourne à 1 500 tr/mn. On peut donc seulement agir sur Φ, le flux, c'est-à-dire, principalement sur le dimensionnement de l'inducteur.

Le frein du treuil est placé sur l'arbre rapide; dans le gearless il est nécessairement sur le seul arbre à vitesse lente. Ainsi, dans le treuil, à puissance égale, le frein devra assurer un couple assez faible puisqu'il est démultiplié par le réducteur; tandis que, dans le gearless, le frein devra assurer le couple total.

Le frein est donc également de dimensions impressionnantes, car bien que son rôle consiste essentiellement à bloquer les parties tournantes pendant l'arrêt, il peut avoir à intervenir dans certains cas, et être capable à lui seul d'arrêter la charge à partir de la grande vitesse.

Toutes choses égales, alors que pour un appareil donné (1 000 kg à 2,50 m/s, par exemple) un treuil arrive à peser 1 à 1,2 t, un gearless peut peser de 2,5 à 3 t et parfois davantage ! C'est évidemment un appareil d'un prix de revient beaucoup plus élevé.

Fonctionnement du schéma

Sans entrer dans le détail du schéma complexe de la commande proprement dite de ce système, il nous semble intéressant de signaler les traits généraux de fonctionnement du voltage variable appliqué à la dynamique des ascenseurs.

Le groupe convertisseur est connecté au réseau par un contacteur qui le met en marche :

— soit par l'ouverture d'une porte palière;

— soit par un appel palier.

Le groupe met, suivant sa dimension, 4 à 8 s pour être en pleine vitesse. Mais la marche du groupe est maintenue après chaque manœuvre par un temporisateur pendant plusieurs minutes, de sorte qu'en période normale, après les premières manœuvres du matin, le groupe ne s'arrête pratiquement pas jusqu'au soir.

Lorsque le groupe est mis en marche, et pour cette manœuvre seulement,

un intervalle d'une durée légèrement supérieure au temps indiqué ci-dessus s'écoule avant que l'ascenseur ne réponde à la demande. Il faut que le groupe soit en pleine vitesse avant que les relais de mise en fonctionnement de l'appareil entrent en jeu.

Ces relais appliquent, suivant des séquences fonctionnelles, les diverses tensions aux enroulements des machines :

— en premier lieu, à l'excitation du moteur de levage. Celle-ci est contrôlée par un relais spécial car le manque d'excitation supprime le couple du moteur (dans la relation $C = K_1 I \Phi$, Φ étant nul, C est également nul). Cela ne peut être grave s'il s'agit d'un treuil avec moteur à courant continu, mais le devient avec un gearless. Celui-ci, en l'absence d'excitation, se comporte alors comme une poulie pratiquement folle et entraînée directement par la charge, C'est la raison pour laquelle le relais de contrôle de l'excitation du moteur de levage (ou du gearless) commande directement le frein. Un défaut d'excitation provoque son serrage immédiat pendant la marche, ou empêche le démarrage de l'appareil s'il s'est produit à l'arrêt;

— en second lieu, l'excitation de la génératrice et la levée du frein.

Le schéma comporte d'autres circuits importants dont nous citerons l'un des plus importants : le circuit de démagnétisation.

En effet, après avoir été excitées (aimantées) par l'enroulement inducteur, les masses polaires d'une génératrice conservent par hystérésis une faible part de leur aimantation. Ce reliquat d'excitation est cependant suffisant pour créer dans le moteur de levage un courant de circulation capable de l'actionner, même à pleine charge, même parfois, frein serré.

Les constructeurs, pour parer à ce défaut, disposent dans la machine un enroulement auxiliaire couplé par un contacteur sur le circuit génératrice moteur (que l'on appelle « la boucle Ward Léonard » qu'il ne faut pas confondre avec la « boucle fermée du servomécanisme) et dont l'excitation produite par une partie du courant de circulation que l'on dérive a pour effet de s'opposer à l'excitation « rémanente ». Un équilibre s'établit et le courant devient assez faible pour ne créer aucun trouble dans ces circuits.

Pour créer l'accélération et le ralentissement, des relais agissent dans le préamplificateur du servomécanisme. Les courants mis en jeu sont très faibles (de l'ordre du milli-ampère, ou même moins).

L'inversion du sens de marche pour la montée ou la descente s'effectue en agissant soit sur le circuit inducteur du moteur, soit sur le circuit inducteur de la génératrice. L'un ou l'autre des flux étant inversé, la polarité des masses polaires s'inverse et provoque le changement du sens de marche du moteur.

En résumé :

1° *Vitesses*

— moteur à une vitesse : jusqu'à 0,80 m/s;

— moteur à deux vitesses : jusqu'à 1,20 m/s;

— voltage variable au-dessus de 1,20 m/s :

a) treuil avec moteur continu jusqu'à 1,50 m/s ou avec treuil spécial jusqu'à 2,50 m/s,

b) gearless en général au-dessus de 1,50 m/s, c'est-à-dire vitesses de 2 — 2,50 — 3 — 4, etc., m/s.

2° *Accélération et ralentissement* (*valeurs moyennes*)

— appareils à une vitesse :

a) accélération 0,5 à 0,7 m/s²;

b) ralentissement 1,5 m/s² environ;

— appareils à deux vitesses :

a) accélération : 0,7 à 0,9 m/s²,

b) ralentissement : 0,8 à 1,5 m/s²;

— appareils à voltage variable : l'accélération et la décélération dépendent de la forme du programme vitesse adopté par le constructeur, leurs valeurs moyennes, égales, sont de l'ordre de 0,8 à 1,00 m/s².

E. — Choix de la vitesse

A partir des résultats précédents, il serait alors possible d'adopter la valeur de la vitesse la mieux adaptée à l'installation. Cependant, les divers paramètres agissant simultanément sur les performances de celle-ci, des abaques établis pour le trafic permettront de mieux se rendre compte de l'incidence propre à la vitesse.

Toutefois, avant d'effectuer un calcul exact de trafic, il peut être nécessaire d'effectuer ce choix et, d'autre part, parmi les vitesses proposées, un certain nombre de considérations doivent être examinées.

Le choix de la vitesse dépend en effet de plusieurs facteurs :

— la nature de l'immeuble : immeubles d'habitations ordinaires, immeubles d'habitations de grand standing, immeubles commerciaux ou de bureaux, hôtels, hôpitaux, grands magasins, entrepôts, usines, etc.;

— la hauteur de la course à effectuer;

— la distance entre niveaux;

— la relation entre le nombre d'arrêts probables et le nombre de niveaux;

— le bilan financier de l'opération.

1° Ainsi, d'après le *type d'immeuble* et *la hauteur de course*, les vitesses que l'on adopte habituellement et dont le choix a été déterminé par les études de trafic, telles qu'on les examine plus loin, sont les suivantes :

a) *Course inférieure ou égale à* 20 *m*

— 0,70 à 0,80 m/s pour les immeubles ordinaires d'habitation;

— 1,20 m/s avec nivelage pour les immeubles d'habitation de grand standing ou les bureaux faiblement occupés.

b) *Course entre* 20 *et* 35 *m*

— 1,20 m/s avec nivelage pour les immeubles d'habitation;

— 1,50 m/s voltage variable ou tout autre dispositif à variation continue de vitesse à treuil pour immeubles de bureaux.

c) *Course entre* 35 *et* 60 *m*

— 1,50 m/s voltage variable ou tout autre dispositif à variation continue de vitesse à treuil pour immeuble d'habitation;

— 2 m/s ou plus voltage variable à « gearless » pour immeubles de bureaux.

d) *Course supérieure à* 60 *m*

— 2 m/s ou plus voltage variable a gearless pour tous immeubles.

2° *La distance entre niveaux* intervient lorsqu'il existe particulièrement un trafic entre étages, c'est-à-dire dans les immeubles commerciaux ou dans les immeubles de bureaux occupés par une société unique.

Lorsque cette distance est voisine de 3 m (c'est la majorité des cas dans les immeubles modernes), il convient de ne pas perdre de vue les considérations suivantes :

— cette distance entre deux niveaux consécutifs limite à 1,40 à 1,50 m/s la pointe de vitesse atteinte dans cet intervalle.

En effet, nous avons vu que l'expression de la distance pour démarrer ou freiner était (50) :

$$e = \frac{v^2}{2\gamma} = \frac{1,5^2}{2 \times 1} = 1,10 \text{ m dans le cas présent.}$$

Compte tenu du temps de réponse des relais, la distance totale est donc de 2,30 m. La marche en grande vitesse (appareil parfaitement bien réglé) est au plus de 0,60 m, soit 1/3 de seconde environ.

Pour une vitesse de 2 m/s, 4 m sont donc nécessaires pour démarrer et freiner.

Par conséquent, lorsque le trafic d'étage à étage est important et si, d'autre part, la course totale n'est pas excessive, il est inutile d'adopter une vitesse supérieure à 1,50 m/s. Le gearless est plus onéreux que le treuil à deux points de vue :

— à l'achat,

— à l'entretien, car comme il ne figure pas dans le barème des coefficients de plus-value appliqués au prix de base de l'abonnement, il est évident et normal que les constructeurs appliquent une plus-value spéciale à ce genre de machine.

3° *Le rapport entre le nombre d'arrêts probables et le nombre de niveaux* est également intéressant à considérer.

Le nombre d'arrêts probables est celui qui, dans le calcul de trafic, sert à la détermination du temps d'attente pour un appareil donné, comme nous le verrons plus loin. Ce nombre A_p correspond au moment où le trafic est maximum (entrée ou sortie du personnel des bureaux, par exemple).

Mais, pendant la journée, aux heures où le trafic est réduit par rapport à la valeur maxima prise en considération, A_p est plus petit.

Le rapport entre A_p et le nombre de niveaux va donc indiquer si, pendant ces deux trafics, l'ascenseur est capable, entre deux arrêts consécutifs, d'atteindre sa grande vitesse.

Il peut l'être pendant la journée lorsque A_p est petit; il peut ne pas l'être lorsque A_p est maximum. En particulier, lorsque ce rapport est supérieur à 0,5, cela veut dire que l'appareil ne s'arrêtera pas en moyenne un niveau sur deux.

Il atteint la grande vitesse pendant le retour à vide lorsque les cabines reviennent au niveau d'entrée pour prendre les arrivants, ou au niveau supérieur d'appel pour prendre les partants. Mais ces déplacements ne représentent que le tiers du temps pendant ces heures de pointe.

4° *La dépense*, bien qu'elle entre pour une faible part dans le coût de l'immeuble, est cependant à considérer. Toutes choses égales, le prix d'un gearless est de trois à quatre fois supérieur à celui d'un treuil avec moteur à courant continu, et celui d'une installation à deux vitesses 30 à 40 % plus élevé que celui de l'appareil à une vitesse.

Ainsi, le choix de la vitesse doit-il être fait avec beaucoup de réflexion, en particulier pour les vitesses supérieures à 1,50 m/s.

Nous verrons dans les abaques de la détermination de la capacité des appareils l'influence de ce paramètre sur l'amélioration du trafic.

IV. — Manœuvres

A. — *Généralités*

Parallèlement au développement de l'automatisme, celui-ci s'étant introduit très rapidement dans l'industrie des ascenseurs, s'est effectuée l'évolution des techniques des manœuvres de commande de ces appareils.

La manœuvre à boutons a rapidement succédé sur les premiers appareils à la manœuvre à corde; cependant, pendant assez longtemps, elle fut la seule utilisée. Ce n'est qu'avec le développement des manœuvres à système à enregistrement que les ascenseurs ont pris leur véritable essor, non pas en quantité, mais en qualité.

Les manœuvres à système à enregistrement étaient l'apanage de constructeurs spécialisés dans l'automatisme et la signalisation; mais ceux-ci ne connaissaient pas suffisamment les vrais problèmes de l'ascenseur et leurs solutions étaient souvent mal adaptées.

Les constructeurs d'ascenseurs comprirent vite que dans ce problème résidaient les bases fondamentales de leur profession; il s'attachèrent à le résoudre par eux-mêmes et parvinrent rapidement aux solutions qui permirent les progrès importants que nous connaissons.

Ils s'efforcèrent même de construire eux-mêmes leur propre appareillage car les éléments qui leur étaient offerts ne correspondaient pas à leurs véritables besoins. De mécaniciens, ils se mutèrent en électriciens et plus récemment en électroniciens.

Mais cet effort considérable d'adaptation avait porté ses fruits et a permis les réalisations intéressantes de batteries d'ascenseurs à régulation automatique de trafic fonctionnant sans conducteur ou sans « dispatcher ».

Nous laisserons de côté les anciennes manœuvres dites « universelles » et nous occuperons seulement des manœuvres modernes automatiques à boutons pour la commande des ascenseurs et des monte-charge.

Elles peuvent être classées en deux groupes :

— le groupe des manœuvres à blocage;

— le groupe des manœuvres collectives.

B. — *Commandes*

Avant d'aborder l'étude des différentes manœuvres, nous allons en premier lieu examiner la nature des commandes et le rôle que la réglementation joue dans leur distribution.

Les commandes sont classées en deux groupes :

a) Les commandes d'envoi

Leur rôle est d'envoyer la cabine du niveau où elle se trouve au niveau auquel la personne qui effectue l'envoi le désire.

La commande d'envoi s'effectue par l'intermédiaire d'un bouton qui peut être placé soit en cabine dans la majorité des cas, soit pour certains monte-charge sur le palier.

Lorsque la commande d'envoi est faite en cabine, elle doit évidemment avoir priorité sur les commandes extérieures. Pour les appareils du groupe I (ascenseurs et monte-charge accompagnés), l'usager qui est entré dans la cabine doit disposer, pour appuyer sur le bouton de son choix, d'au moins trois secondes après la fermeture des portes avant qu'une commande d'appel faite de l'extérieur puisse être exécutée.

Cependant, pour les manœuvres collectives à enregistrement (dont l'étude sera effectuée ci-après), cette temporisation peut ne pas être prévue si une signalisation lumineuse, parfaitement visible pour les usagers entrant dans la cabine, indique le sens du déplacement imposé à la cabine.

En effet, dans ces conditions, si l'usager entre dans la cabine qui va se déplacer dans le sens qu'il désire, car d'autres commandes enregistrées antérieurement subsistent encore et maintiennent cet ordre de déplacement, il peut appuyer sur le bouton de son choix, même après le départ de la cabine; et ainsi toute perte de temps est évitée. Si le sens imposé à la cabine est contraire, *a fortiori*, l'usager a largement le temps d'enregistrer sa commande.

Les commandes d'envoi en cabine peuvent être enregistrées. Elles provoquent alors le déplacement de la cabine en étant satisfaites au fur et à mesure de ce déplacement.

b) Les commandes d'appel

Elles ont pour but de faire venir l'appareil aux étages d'où elles émanent respectivement.

Cette utilisation, *a posteriori* par rapport à la commande d'envoi, justifie la priorité que celle-ci doit avoir sur la commande d'appel.

Les appels peuvent eux-mêmes prendre quatre caractères :

— *l'appel peut être commun.* Il intéresse alors un groupe d'appareils installés à proximité les uns des autres et constituant une batterie;

— *l'appel est simple* lorsqu'il provoque directement la mise en marche de la cabine si celle-ci est disponible;

— *l'appel peut être enregistré.* Il provoque la venue de la cabine au niveau d'appel dès que les conditions d'arrêt à ce niveau sont satisfaites et sans qu'il ait été nécessaire de maintenir cette action d'appel, c'est-à-dire d'appuyer en permanence sur le bouton. Cette sorte d'appel peut être :

- — soit un appel d'ordre agissant sur une signalisation lumineuse ou sonore dans les appareils avec conducteur,
- — soit un appel direct, automatique, agissant sans intermédiaire dans les manœuvres collectives;

— enfin *l'appel peut être spécialisé* lorsqu'il est effectué sur des boutons différents suivant que l'usager désire monter ou descendre.

C. — *Constitution des schémas*

Les schémas électriques des manœuvres présentent des caractères communs, appelés fonctions, quel que soit le type de manœuvre et de constructeur. Lorsqu'on étudie un schéma de manœuvre d'ascenseur, on retrouve

sous forme de circuits plus ou moins différents quant à leur constitution électrique, le même sens, car ils tendent tous au même but.

Les fonctions concourent aux mêmes expressions. Chacune d'elles forme un tout présentant une personnalité propre et s'applique à une partie bien déterminée du fonctionnement. Nous trouverons, par exemple, la fonction sélection ou la fonction signalisation.

Les fonctions sont reliées entre elles par des éléments électriques : relais, valves, résistances, etc., de sorte qu'elles contribuent simultanément ou séparément à la marche de l'appareil.

Certaines, comme nous le verrons ensuite, ont un caractère essentiel : un défaut, une défaillance de la fonction peuvent entraîner l'arrêt momentané ou définitif de l'appareil (c'est le cas, par exemple, des « protections »); d'autres peuvent permettre la marche, mais cependant créent une anomalie, difficilement décelable parfois, qui, en général, nuit au développement correct de l'exploitation (c'est le cas simple des « signalisations »).

Il est difficile de classer les fonctions, c'est-à-dire de faire entrer plusieurs fonctions dans un même groupe. Dans ces conditions, leur étude sera faite d'après l'ordre habituel dans lequel les constructeurs les classent dans leurs schémas, bien qu'il n'y ait aucune règle ni norme pour leur donner une suite logique.

Une fonction peut être réalisée par un seul relais ou par un ensemble de relais et un même relais peut servir dans des fonctions différentes. On voit donc la complexité de la synthèse ou même de l'analyse. En effet, aux différents niveaux d'un appareil, on s'arrête, on signale, on appelle, on envoie, autant de conditions qui sont génératrices de « fonctions ». On conçoit par exemple, que, à l'aide du relais qui reçoit l'appel du palier, on puisse également signaler à l'usager que son appel a bien été entendu. Ce relais contribue donc à deux fonctions : enregistrement de l'appel et signalisation de l'enregistrement.

Il n'est pas possible, dans le cadre de cet ouvrage, d'entrer dans le détail de la réalisation des fonctions. Les schémas des constructeurs leur sont propres et reflètent la personnalité de leur fabrication. Cependant, il convient d'observer que plus que dans les autres éléments constitutifs d'un ascenseur la qualité des pièces qui forment l'appareillage est importante. C'est, à l'heure actuelle, la partie électrique d'un ascenseur qui est la plus génératrice de pannes.

L'appréciation, pour le maître d'œuvre, est d'autant plus difficile que, n'étant pas spécialiste des éléments électriques, il ne peut être à même de porter un jugement absolument sûr.

D'autre part, la difficulté est accrue du fait que même avec les éléments de toute première qualité, de grande « fiabilité », le schéma, c'est-à-dire la réalisation de l'assemblage de ce puzzle, peut être effectué de différentes manières dont l'analyse est complexe et pénible même pour un spécialiste. Cet assemblage peut être plus ou moins valable, non pour les simples manœuvres à blocage ou à enregistrement descente des immeubles d'habitation, mais pour les batteries d'ascenseurs où plusieurs milliers de contacts

sont mis en œuvre et dont chacun a sa raison d'être, mais dont l'ensemble peut présenter des défauts qui n'apparaissent qu'au bout d'un certain temps ou même restent toujours ignorés.

Nous examinerons les quelques fonctions simples, bases de la plupart des schémas, au point de vue simplement qualitatif, compte tenu du fait que les circuits peuvent être étudiés et réalisés de plusieurs façons.

La représentation que nous donnons est appelée schéma de principe ou bien schéma bifilaire, car les circuits électriques s'établissent entre deux fils + et — entre lesquels est établie une différence de potentiel.

1. — Appels ou envois

Les appels ou les envois sont transmis par les boutons poussoirs des paliers ou de la cabine. L'ordre envoyé par la pression sur un bouton provoque l'excitation d'une bobine de relais. Le relais s'étant excité, ses contacts « travail » (s'il en comporte plusieurs) se ferment et établissent d'autres circuits.

Pour les appels et les envois, il y a généralement autant de relais que de niveaux.

Dans les manœuvres à blocage, les appels et les envois sont dirigés sur le même relais ; par contre, dans les manœuvres enregistrées, les appels « pour descendre », les appels « pour monter » et les envois en cabine ont chacun un relais particulier.

Pour nous résumer, dans cette fonction des « enregistrements » on a :

— manœuvre à blocage : un relais par niveau;

— manœuvre enregistrée :

  — deux relais par niveau pour les manœuvres collectives descente,

  — trois relais par niveau pour les manœuvres collectives montée et descente.

Dans le cas de la figure 117 où est représenté le schéma des appels (ou des envois) d'un ascenseur de cinq niveaux, si un usager appuie sur le bouton 2, la bobine du relais R2 est mise sous tension, le relais est excité. Son propre contact « travail » 1 s'est alors fermé et effectue « l'auto-maintien » du relais en maintenant sous tension la bobine du relais, indépendamment du bouton 2. On dit que le relais a pris « mémoire ». Le bouton 2 peut être relaché, le relais continue à être excité.

Lorsque l'ordre sera complètement exécuté, un autre relais X, mis en action par l'arrivée de l'appareil au niveau désiré, s'excite à son tour et son contact « repos », en s'ouvrant, provoque l'ouverture du circuit de maintien du relais R2 qui est désexcité.

Dans un tel schéma, on conçoit qu'il serait possible à plusieurs usagers d'émettre des ordres de plusieurs niveaux à la fois (c'est ce qui se produit dans une manœuvre collective). Mais dans la manœuvre à blocage, pour

éviter cette possibilité, pour réaliser le « blocage » de toutes les autres commandes, le contact d'un nouveau relais est disposé sur le fil commun

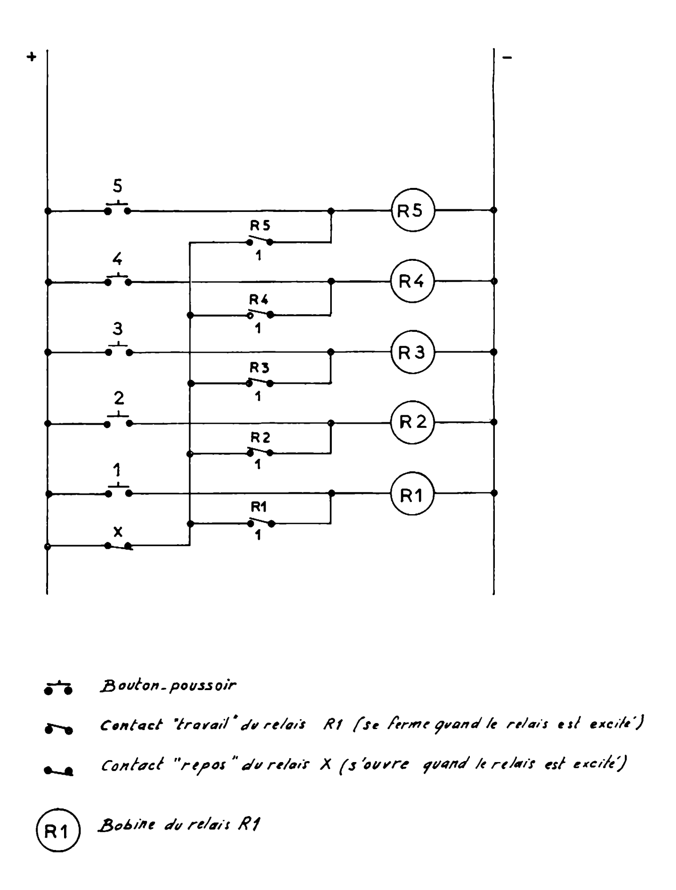


FIG. 117. — *Schéma de principe des envois en cabine ou des appels paliers.*

de l'alimentation des boutons suivant schéma fig. 118 A; ce relais, que nous appellerons B, peut être excité par des contacts des divers relais R1, R2, R3... de sorte que son contact « repos » s'ouvre dès que l'un de ces relais est excité et coupe le circuit de la polarité + commun à tous les boutons. Le relais est alors maintenu exclusivement par son propre contact d'auto-maintien.

Dès lors, l'automate est en marche et si personne ne se trouve dans la cabine pour pouvoir actionner le bouton d'arrêt, rien ne peut l'arrêter. On apprécie alors à sa juste valeur la réflexion de Paul Magnin, évoquée au début du chapitre « Sécurité ».

L'ordre « enregistré » (même dans la manœuvre à blocage où il est simplement unique) doit être dirigé : c'est le rôle de la fonction de sélection.

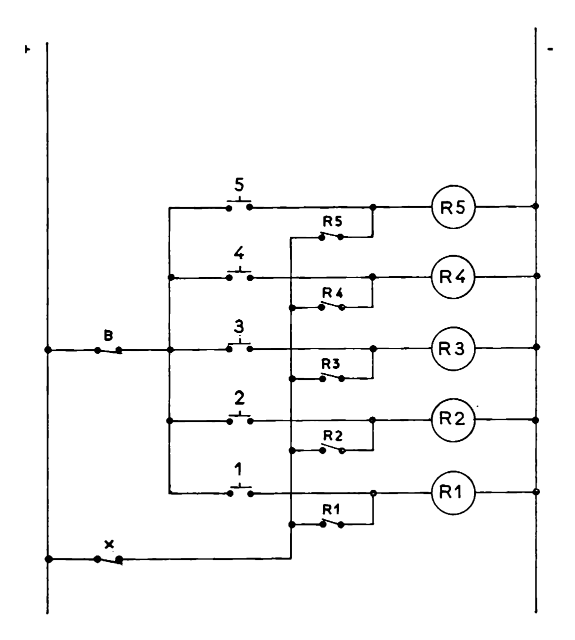


Fig. 118. — *Schéma de principe des envois en cabine ou des appels dans une manœuvre à blocage.*

2. — Sélection (ou orientation) des commandes

L'appareil se trouve dans une position quelconque; il faut qu'il se rende au niveau désiré. C'est à ce but que concourent les orienteurs des appareils à faible vitesse, ou les distributeurs, les impulseurs des appareils plus rapides.

Dans la figure 97, on trouve :

— les contacts n° 2 des relais R1, R2, R3...;

— les orienteurs 01, 02, 03... (un par niveau);

— un relais « montée » M;

— un relais « descente » D.

Nous supposons l'appareil au niveau 4. L'orienteur 04 est en position nulle. Aucun contact n'est établi.

Par contre, les orienteurs au-dessous de 04 ont leur contact orienté vers la descente, tandis que 05, au-dessus, est orienté vers la montée.

Nous avons supposé précédemment qu'un ordre ayant été émis (soit par un appel au niveau 2, soit par un usager qui, entrant dans la cabine

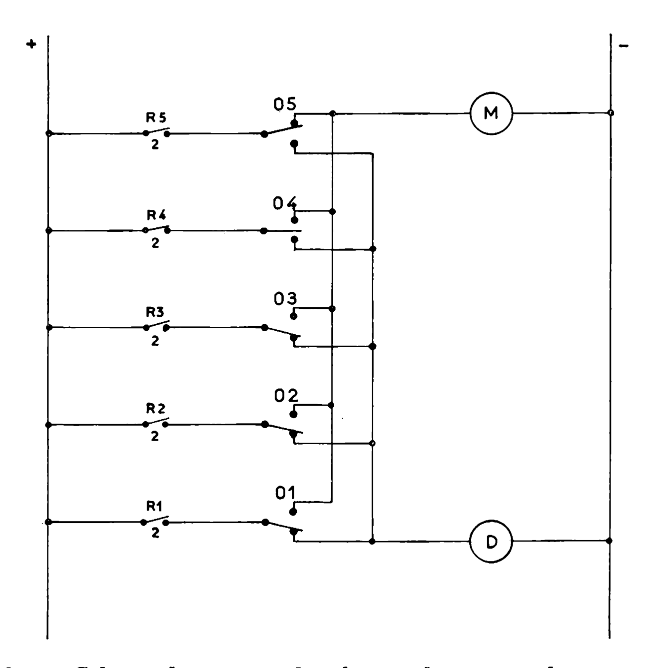


FIG. 119. — *Schéma de principe de sélection des commandes par orienteurs.*

et désirant se rendre au niveau 2, appuie sur le bouton cabine correspondant à ce niveau), le relais R2 a été excité; son contact 2 (fig. 119) a fermé le circuit qui, par l'intermédiaire de l'orienteur, provoque l'excitation du relais descente D.

L'appareil, en descendant, renverse à chaque passage les contacts des orienteurs de sorte que lorsqu'il arrive au niveau 2 le contact de l'orienteur 2 s'ouvre et provoque la désexcitation du relais D. Ce dernier arrête l'appareil.

On peut imaginer que, directement ou indirectement, il agisse sur le relais X (fig. 117) qui, à son tour, coupe la commande du relais R2 (la bobine du relais X n'est pas figurée sur ce schéma).

3. — Condamnations et contrôles du moteur

C'est le plus souvent une chaîne constituée par les contacts de porte et les contacts de verrouillage des serrures mis en série suivant la figure 120.

La source de courant étant côtés + et —, il est nécessaire que toutes les portes soient fermées et verrouillées pour que les contacteurs montée CM et descente CD puissent être excités et appliquer la tension du réseau au

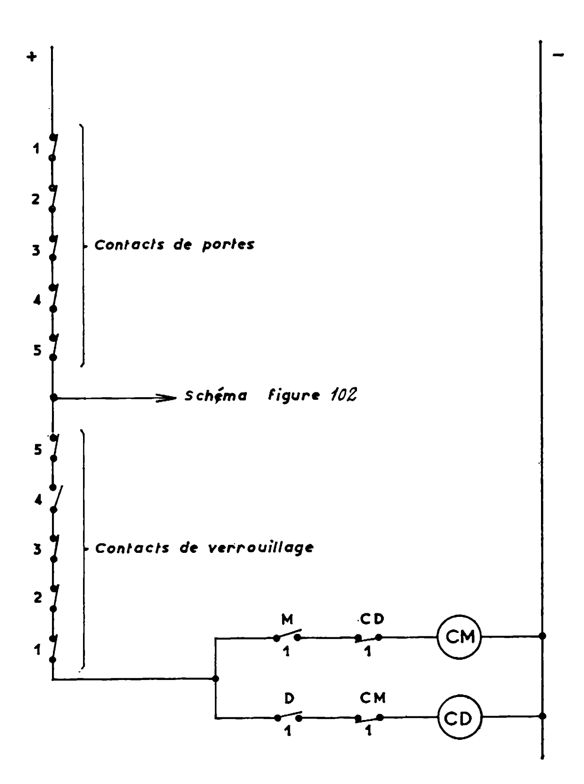


Fig. 120. — *Schéma de principe des contacts de sécurité des portes (contacts de porte et contacts de pène).*

moteur de traction par leurs contacts principaux dimensionnés pour admettre la puissance requise.

Dans la manœuvre à blocage, dont nous donnons ici les principes élémentaires, on sait que les commandes ne peuvent être effectuées que toutes portes fermées. En effet, le schéma de commande (fig. 117) est généralement alimenté après cette chaîne de contacts, mais avant celle des verrouillages.

Ce sont des contacts des relais dits « de préparation » M et D qui provoquent l'excitation de la came mobile qui, elle-même, agit sur les serrures et permet le verrouillage de la porte.

La séquence est donc la suivante pour un appel émanant du niveau 2, la cabine étant en stationnement au niveau 4 :

— action sur le bouton d'appel 2;
— excitation du relais R2 et fermeture de ses contacts 1 et 2;
— excitation du relais D par le contact 2 de R2;
— excitation de la came mobile par un contact de D;
— fermeture du contact de verrouillage de la serrure 4;
— excitation du contacteur CD par le contact 1 du relais D et simultanément levée du frein par un contact de CD;
— démarrage en descente de l'appareil et marche normale;
— arrivée au niveau 2;
— basculement de l'orienteur 2 et coupure du relais D;
— désexcitation de la came mobile;
— coupure du contacteur CD par l'ouverture du contact 1 du relais D;
— coupure du moteur et du frein et déverrouillage de la porte;
— arrêt de l'appareil au niveau 2.

Nous avons examiné trois fonctions principales dans le cas simple de la manœuvre à blocage. D'autres fonctions : protections, signalisations, etc., entrent en jeu, et l'ensemble des interférences de leurs actions se complique au fur et à mesure que l'on demande à l'automate de répondre à des ordres plus divers et plus rationnels, de démarrer et s'arrêter en douceur, avec précision, etc. et ceci rappelle le mot de Beaumarchais « aux qualités qu'on exige d'un serviteur... ».

Mais, on voit en particulier à quelles fragilités sont soumises la marche correcte et les sécurités d'un appareil et les raisons pour lesquelles les constructeurs devraient être exigeants quant à la propreté de la machinerie et de la gaine, et les constructeurs, clients et réceptionnaires impitoyables quant à la qualité des contacts de porte et des serrures.

Nous pensons qu'il y a encore beaucoup à faire dans ce domaine, tant en ce qui concerne la tenue des chantiers par les maîtres d'œuvre que la réalisation et le contrôle des éléments de sécurité de la part de certains constructeurs.

D. — *Manœuvre à blocage*

Nous avons vu dans les définitions que la manœuvre à blocage était telle que dès qu'une commande d'appel ou d'envoi avait été faite, toute autre commande ne pouvait plus intervenir jusqu'à ce que la première soit complètement exécutée ou annulée par l'action sur le bouton d'arrêt. De là son appellation : toutes les commandes sont bloquées à l'exception de celle en cours.

La manœuvre à blocage est la plus simple des manœuvres et nous venons de faire une esquisse d'une partie de son schéma de principe.

L'appareil comporte :

a) une boîte à boutons en cabine comprenant :
- les boutons d'envoi pour chaque niveau,
- un bouton d'arrêt,
- un bouton de sonnerie;

b) un bouton d'appel par niveau.

Les signalisations sont sommaires :

— en cabine (lorsque l'appareil est muni d'une porte cabine) : un indicateur de niveau;

— sur les paliers :
- un voyant dit « de stationnement » ou de présence,
- un voyant d'indisponibilité rouge fixe lorsque l'appareil est à l'arrêt porte ouverte, de préférence clignotant pendant la marche, l'usager ayant ainsi l'assurance que l'appareil est en fonctionnement.

Notons que le voyant de présence de la cabine à l'étage peut être remplacé par un allumage de l'éclairage de la cabine lorsqu'un usager appuie sur un bouton d'appel.

Les déplacements de l'appareil correspondent à celui d'un taxi. L'usage qui en est fait est presque toujours le fait d'un transport individuel.

La manœuvre à blocage convient donc aux immeubles d'habitation dont le nombre de niveaux au-dessus du hall de départ n'excède pas sept et pour des appareils dont la charge ne dépasse pas 300 ou 375 kg (quatre ou cinq personnes), c'est-à-dire pour les installations d'un faible nombre de niveaux et une population réduite par niveau.

Elle peut être également utilisée dans des installations d'un genre particulier comportant de grandes courses et peu de niveaux (barrages, centrales, tours relais de télévision). La vitesse peut être alors augmentée avec intérêt et portée à 2 - 2,50 ou 3 m/s.

La manœuvre à blocage est la manœuvre des monte-charge du commerce ou de l'industrie où on peut l'employer avec une variante intéressante : la possibilité d'enregistrer l'envoi (nous disons bien un envoi et non plusieurs envois) en cabine, porte ouverte. Cette disposition permet d'envoyer la cabine à un autre niveau, sans qu'il soit besoin de l'accompagner. Elle a l'avantage de supprimer les boîtes complètes de boutons d'envoi à chaque palier et représente donc une économie sensible. C'est le cas des petits monte-charge, monte-courrier, etc.

Ces principes, parfaitement adaptés aux besoins réduits d'un petit immeuble d'habitation, sont rapidement mis en défaut dès que le trafic prend un autre caractère ou tout simplement s'amplifie.

En effet, l'appareil ne répond qu'à un seul ordre de sorte que la première personne à avoir appelé la cabine ou étant dans la cabine ayant effectué un envoi en est absolument maîtresse. L'appareil suit sa marche normale, passe devant des usagers qui l'attendent sur les paliers, sans se préoccuper

ni de leurs désirs ni de leur impatience. De nombreux trajets inutiles dans les allers-retours sont ainsi effectués avec une seule personne à bord.

Le calcul de trafic, basé comme nous le verrons plus loin, sur des départs de cabine pleine (pour l'arrivée), sur une collection des personnes au cours du trajet (pour la sortie) et ainsi un retour au rez-de-chaussée cabine pratiquement pleine, est alors complètement erroné. En effet, si pour la montée tout se passe correctement car des personnes peuvent arriver ensemble, en ce qui concerne la descente il en va autrement. La cabine prend une personne, la conduit au rez-de-chaussée, remonte, en prend une autre pour le rez-de-chaussée, remonte, etc., de sorte que le temps d'attente de la dernière, si elle ne perd pas patience, peut être multiplié par 3 ou par 4 (fig. 121).

D'autre part, lorsque plusieurs personnes prennent simultanément au rez-de-chaussée l'appareil pour monter, une perte de temps se produit avant qu'elles ne se soient consultées pour effectuer le premier envoi qui doit, bien entendu, déposer la première personne désirant s'arrêter.

Par conséquent, il en résulte :

— de nombreux parcours à vide;

— un parcours de la cabine le plus souvent insuffisamment chargée;

— des pertes de temps.

Tels sont les principaux défauts de cette manœuvre lorsqu'elle est appli-

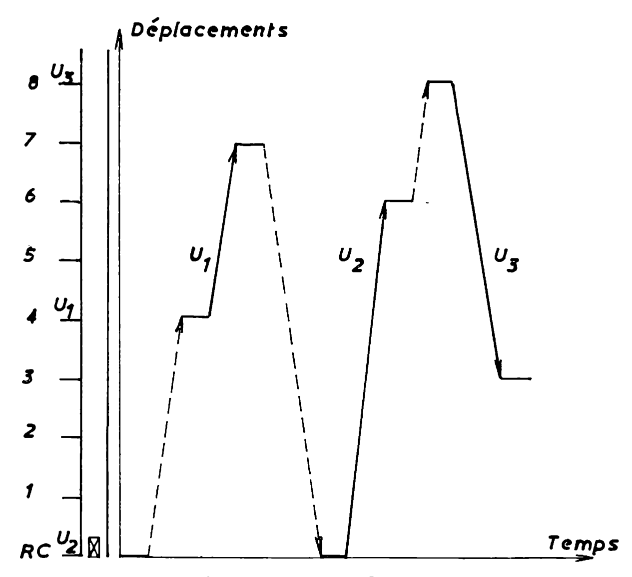


FIG. 121. — *Diagramme du fonctionnement d'une manœuvre à blocage. L'usager U_1 appelle au 4ᵉ étage et prend l'appareil pour se rendre au 7ᵉ. L'usager U_2 doit attendre la disponibilité de l'appareil et l'appelle alors pour se rendre au 6ᵉ étage. L'usager U_3 appelle l'appareil pour se rendre au 3ᵉ. Les trajets représentés en traits tirets sont effectués par la cabine vide.*

quée inconsidérément. Le rendement de l'installation est faible pour une dépense importante d'énergie.

E. — Manœuvres collectives

Les constructeurs ont rapidement remédié à ces inconvénients dès que les immeubles d'habitation se sont élevés et que les sociétés se sont concentrées dans les buildings. Ils ont apporté une solution à ces problèmes avec la création de manœuvres qu'on désigne sous le nom de « manœuvres collectives » ou « manœuvres enregistrées ».

La caractéristique principale d'une manœuvre collective est l'enregistrement. Enregistrement des appels seuls ou des appels et des envois selon les destinations de l'appareil.

En étudiant le schéma de la manœuvre à blocage, nous avons vu (fig. 97) qu'un contact B coupait la possibilité de toute autre commande dès qu'une première avait été faite. En supprimant ce contact, ouvert pendant la marche, il est possible à un moment quelconque et quelle que soit la position de la cabine (à l'exception d'une zone correspondant au niveau où l'action aurait lieu) d'enregistrer d'autres commandes.

Les divers relais R1, R2... peuvent alors être excités simultanément et garder par l'intermédiaire de leur propre contact d'automaintien n° 1, la mémoire de l'ordre qui leur a été transmis.

Tout se passe alors dans la sélection comme nous en avons décrit le principe, et les ordres, un à un, dans l'ordre spatial du fonctionnement de l'appareil, sont satisfaits, qu'ils proviennent des paliers ou de la cabine.

Le schéma est beaucoup plus complexe mais le principe reste le même.

Suivant les natures d'immeubles, les manœuvres collectives se divisent en deux groupes :

— la manœuvre collective à la descente pour les immeubles à usage exclusif d'habitation;

— la manœuvre collective à la montée et à la descente pour les buildings d'affaires.

1. — Manœuvre collective à la descente

La manœuvre collective à la descente est basée sur le fait que dans les immeubles d'habitation le seul trafic existant réside dans le transport des occupants du rez-de-chaussée à leurs appartements, et inversement des différents niveaux au rez-de-chaussée. Le trafic entre étages est pratiquement nul.

Les éléments mis à la disposition des usagers sont les suivants :

A) EN CABINE

Une boîte à boutons comprenant :
— les boutons d'envoi pour chaque niveau;
— un bouton d'arrêt;
— un bouton sonnerie.

Les commandes d'envoi en cabine ne sont pas enregistrées, de sorte que pour la montée à partir du rez-de-chaussée la manœuvre est identique à celle de la manœuvre à blocage. Ces commandes devraient l'être, en particulier, pour les immeubles dont le nombre de niveaux est important. Certains constructeurs le prévoient, et il est nécessaire que pour ce type de manœuvre le devis soit examiné avec soin.

La commande d'envoi au rez-de-chaussée est généralement enregistrée. Cela évite, aux usagers, pendant la descente, d'avoir à appuyer après chaque arrêt sur le bouton correspondant pour démarrer à nouveau.

B) SUR LES PALIERS

— un bouton d'appel enregistré.

La signalisation correspondant à cette manœuvre peut être identique à celle de la manœuvre à blocage en cabine (indicateur de niveaux) sauf toutefois lorsque les commandes en cabine sont enregistrées : il est alors intéressant qu'une signalisation lumineuse indique les envois enregistrés pour que les passagers n'appuient inutilement sur un bouton, alors qu'un autre passager l'a déjà fait. Cette dernière signalisation est indispensable lorsque la capacité excède quatre personnes.

Sur les paliers, un voyant indique à l'usager que son appel a été enregistré soit par le bouton poussoir qui s'éclaire lui-même, soit par un voyant séparé.

Le voyant de stationnement (remplacé éventuellement par l'éclairage de la cabine en appuyant sur le bouton d'appel) complète la signalisation de cette manœuvre.

Son fonctionnement est adapté aux besoins d'un immeuble dont les niveaux sont nombreux mais dont la population par étage est faible (deux ou trois appartements au maximum). Il est simple : lorsque plusieurs appels sont effectués pendant la marche de l'appareil, celui-ci se rend à l'étage d'où émane l'appel le plus élevé, pour en prendre les usagers. Il redescend après que le rez-de-chaussée ait été enregistré et s'arrête au fur et à mesure à chaque appel enregistré en prenant au passage les divers autres usagers.

Dans ces conditions, l'appareil effectue un seul voyage pour plusieurs passagers. Il en résulte un gain de temps important et une dépense réduite d'énergie (fig. 122).

Cette manœuvre peut être heureusement complétée par le dispositif de « pleine charge » ou « complet » en cabine. Lorsque la cabine est complète, elle ne s'arrête plus aux demandes « pour descendre », se rend directement au niveau de sortie et remonte ensuite, comme précédemment, au niveau d'où émane l'appel le plus élevé et collecte à nouveau en descente.

Dans ce cas, en particulier lorsque les portes sont munies d'un oculus, il est indispensable de prévoir sur le palier un voyant indiquant que l'appareil est « complet ». Les usagers s'impatientent lorsqu'ils voient passer la cabine devant eux si rien ne signale qu'elle est déjà pleine.

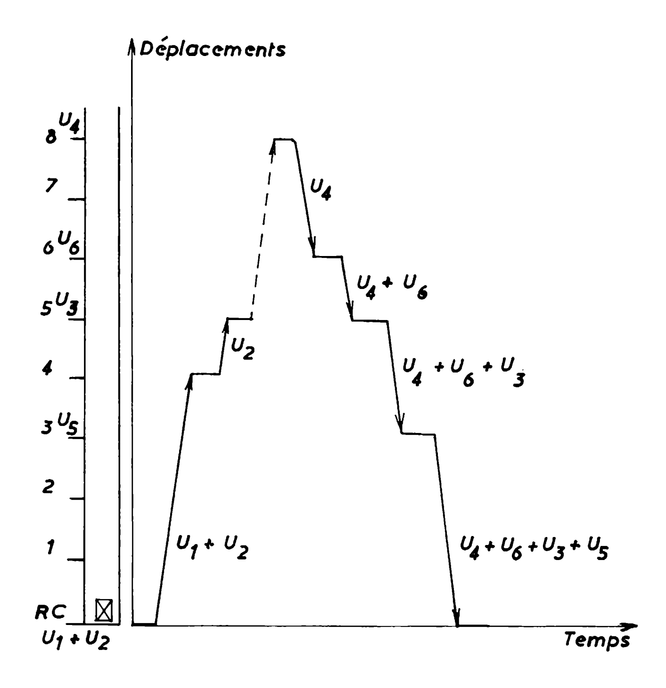
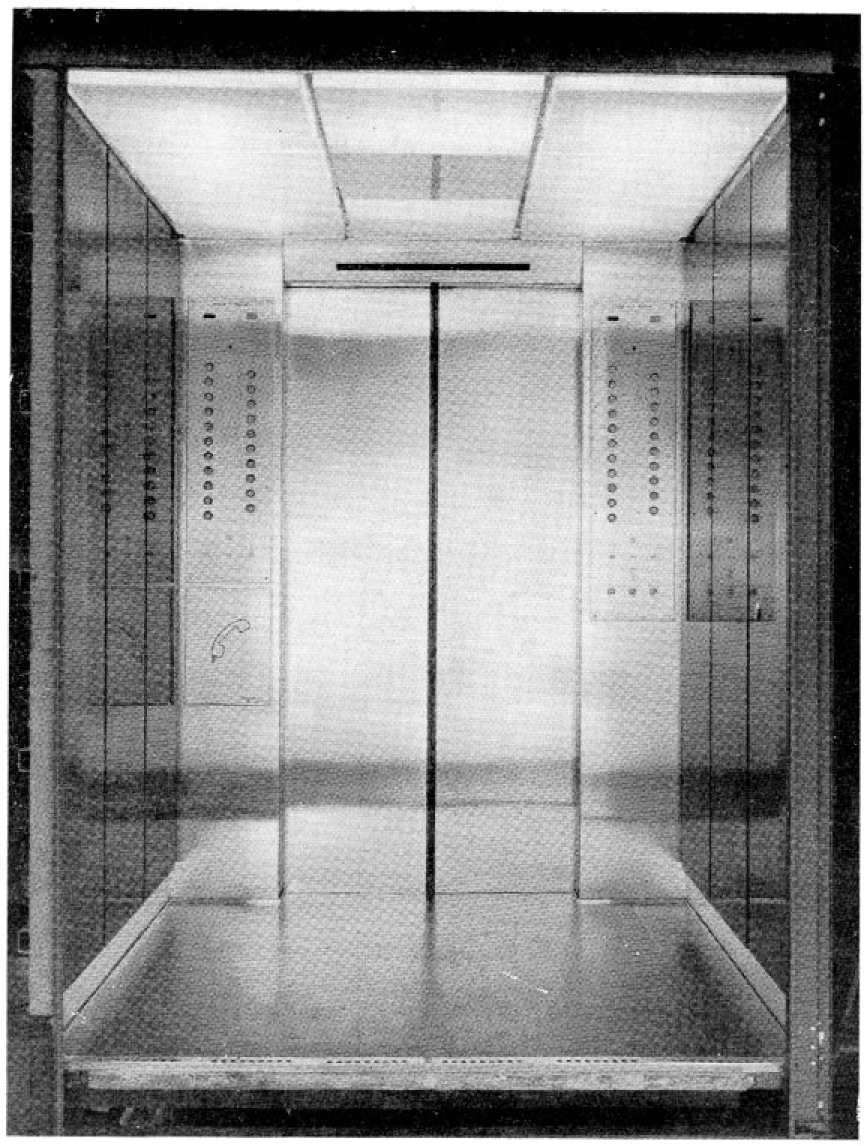


FIG. 122. — *Diagramme de fonctionnement d'une manœuvre « collective-descente ». Les trajets de la cabine vide sont en grande partie éliminés. La cabine collecte en descente les usagers U_3 à U_6. La cabine est montée au niveau le plus élevé et a pris les usagers du moment que leur appel s'est manifesté avant son passage*

2. — Manœuvre collective montée-descente

Dans les buildings d'affaires, qu'ils soient occupés par une seule ou par plusieurs sociétés, ce sont de continuelles allées et venues des visiteurs et du personnel entre les divers étages.

Les manœuvres décrites ci-dessus ne pourraient convenir : pour la manœuvre à blocage, nous en avons exposé les motifs; pour la manœuvre



DOCUMENT SCHINDLER — PHOTO O. PFEIFER

FIG. 123. — *Vue intérieure d'une cabine avec commande collective et porte automatique*

collective descente, parce qu'elle accorde une priorité à ce sens de marche alors que, dans le cas présent, le trafic s'effectue dans les deux sens. Le temps d'attente d'un usager qui désirerait monter serait indéterminé et dépendrait exclusivement du nombre de personnes voulant descendre.

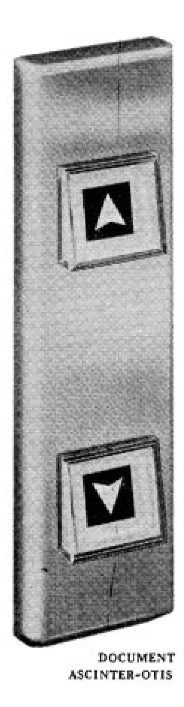
Dans la manœuvre collective montée-descente, les éléments mis à la disposition des usagers sont les suivants :

A) EN CABINE (fig. 123)

— une boîte à boutons identique à celle de la manœuvre collective descente. Mais ici, les commandes d'envoi sont toutes enregistrées de sorte que les usagers entrant dans la cabine peuvent à n'importe quel moment, appareil à l'arrêt ou en marche, porte ouverte ou fermée, appuyer sur le bouton de leur choix, pourvu que ce soit hors la zone d'arrêt du niveau correspondant. La commande est enregistrée et conservera cet ordre en mémoire jusqu'à exécution complète.

B) SUR LES PALIERS (fig. 124)

— une boîte à deux boutons, l'un « pour monter », l'autre « pour descendre ». Les appels transmis à l'aide de ces boutons sont également



DOCUMENT ASCINTER-OTIS

FIG. 124. — *Boîte palière à boutons électroniques : un simple effleurement du doigt suffit à transmettre l'ordre d'envoi.*

enregistrés. Généralement, un relais d'enregistrement correspond, dans l'appareillage, à chaque bouton.

Aux niveaux extrêmes, un seul bouton est bien entendu prévu : au niveau supérieur, un bouton « pour descendre », au niveau inférieur, un bouton « pour monter ».

Les signalisations qui accompagnent les éléments précédents doivent être les suivantes :

— en cabine, un indicateur de niveaux et une indication des enregistrements effectués réalisée soit par un voyant lumineux séparé, mieux, par le bouton lui-même qui devient lumineux lorsqu'il a servi à transmettre un ordre.

— sur les paliers : aux niveaux intermédiaires deux flèches de sens montée et descente, une flèche aux niveaux extrêmes. Ces flèches ont une double signification. Elles indiquent le plus souvent, d'une part, le sens de marche de la cabine pendant son déplacement et pour les niveaux situés en deça du dernier niveau d'appel, le sens imposé à la cabine jusqu'à ce dernier niveau et, d'autre part, à ce dernier niveau soit le sens futur si l'enregistrement à ce niveau correspond au sens de marche actuel (le sens de marche ne changera pas) soit, si l'enregistrement vise le sens inverse, le sens de marche actuel jusqu'au moment où, la cabine s'engageant dans

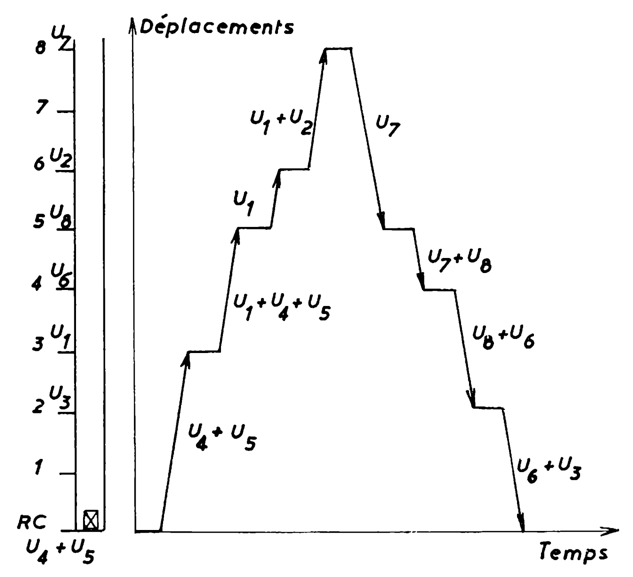


FIG. 125. — *Diagramme de fonctionnement d'une manœuvre « collective montée-descente ». Les déplacements à vide sont pratiquement éliminés pendant les périodes de trafic intense.*

la zone correspondant à ce niveau, la première flèche s'éteint, l'autre s'allume indiquant à son tour le sens de marche futur.

Ceci est concrétisé sur la figure 125.

Quelle est en général la réaction de l'usager face à cette signalisation?

Jusqu'à ces derniers temps, plus exactement avant l'apparition des immeubles de grande hauteur, peu de personnes se préoccupaient de cette signalisation (élaborée avec tant de soucis) et entraient dans la cabine, qu'elle monte ou qu'elle descende.

D'autres cependant, plus avisées ou plus raisonnables ou plus « disciplinés », tenaient compte des indications données par l'ascenseur et ne montaient dans la cabine, en cas d'arrêt au niveau où elles se trouvaient, que si la flêche palière (ou de cabine) indiquait le sens de déplacement qu'elles désiraient.

Dans les immeubles de grande hauteur (et ici, nous anticipons un peu sur la suite des chapitres), les usagers font davantage attention à la signalisation. En effet, ils ne montent pas inconsidérément dans une cabine (dans ces buildings plusieurs ascenseurs sont en batterie, comme nous allons l'étudier) car il n'est plus autant agréable de se promener pendant 20 ou 30 niveaux en s'arrêtant dix ou quinze fois, si ce n'est plus.

Il semble donc que peu à peu, et par la force des choses, les usagers s'éduquent d'eux-mêmes face à cette signalisation.

DESCRIPTION DE LA MANŒUVRE

Supposons la cabine en stationnement à un niveau, par exemple le premier étage, pour fixer les idées.

Si un ou plusieurs ordres émanant de la cabine ou des paliers, mais correspondant à des étages supérieurs au premier sont transmis, la cabine va démarrer dans le sens montée. Pendant son parcours en montée, elle va s'arrêter à tous les niveaux pour lesquels soit un bouton cabine, soit un bouton palier « pour monter » a été actionné. (Pour les deux ordres, il est nécessaire qu'ils aient été transmis avant la zone correspondant à celle qui permet l'arrêt de la cabine aux niveaux en question). Après chaque arrêt et après fermeture des portes palières et cabine (si cette dernière a été prévue), l'appareil reprend automatiquement sa course en montée jusqu'à ce qu'il parvienne au niveau le plus élevé pour lequel un ordre cabine a été transmis ou auquel un appel a été effectué. Pendant cette marche en montée, la cabine ne s'arrête pas aux niveaux intermédiaires où une demande « pour descendre » a été enregistrée, à moins qu'elle ne soit simultanée à une demande « pour monter ».

La manœuvre est la même, lorsque la cabine se met en marche en descente pour répondre à des demandes situées au-dessous du niveau auquel elle stationnait. L'appareil s'arrêtera soit aux niveaux correspondant aux demandes émanant de la cabine, soit à ceux d'où est transmis un ordre « pour descendre » à l'exception du dernier niveau où a pu être enregistrée une demande « pour monter » (dernier niveau d'appel, non pas niveau extrême).

Lorsque la cabine parvient au dernier niveau d'appel ou d'envoi, en montée ou en descente, s'il existe d'autres ordres enregistrés pour la direction opposée, l'appareil inverse automatiquement son sens de marche et répond à toutes les demandes suivant le fonctionnement décrit dans les deux cas ci-dessus.

Il peut arriver que la cabine étant en stationnement à un niveau inter-

médiaire, deux ordres situés l'un au-dessus, l'autre au-dessous de la cabine soient émis presque simultanément. La cabine répond au premier ordre chronologiquement transmis et le processus s'effectue suivant les dispositions précédentes.

Dans cette manœuvre il est également indispensable de prévoir le dispositif de « complet » et, lorsque l'appareil est muni de portes oculus, de l'accompagnement d'une signalisation palière.

Il n'est pas besoin de présenter les avantages d'une telle manœuvre :

— trajets réduits au minimum;

— excellente utilisation de la capacité de la cabine dans des conditions optima de charge. La cabine ne fonctionne presque jamais à vide et particulièrement lorsque le service est intensif.

C'est d'ailleurs dans ces dernières conditions que doit fonctionner normalement une telle manœuvre. Le nombre de démarrages par heure doit être au minimum en moyenne de 90. On peut adopter avec la manœuvre collective montée-descente le système de traction par moteur à deux vitesses, mais il est alors préférable de prévoir un moteur calculé au moins pour 120 démarrages-heure, car une moyenne de 90 contient à certaines heures de pointe des régimes beaucoup plus élevés que le moteur doit pouvoir supporter sans avarie.

Le système de traction le plus adapté à cette manœuvre est le voltage variable, car l'énergie emmagasinée lors des démarrages de l'appareil se dissipe exclusivement sous forme électrique; or les démarrages et les arrêts sont très nombreux.

Par contre, le moteur à une vitesse doit être rejeté, à moins que des dispositions spéciales aient été prises pour que, d'une part, la butée du treuil supporte les contraintes consécutives aux arrêts, d'autre part, le frein soit capable d'éliminer les calories de dissipation de l'énergie des masses en mouvement et de conserver correctement son réglage sans usure anormale des garnitures, ou bien qu'un dispositif permette une variation continue de vitesse.

F. — Manœuvres sélectives

Lorsque le trafic prend une certaine importance, il est parfois nécessaire de prévoir plusieurs appareils qu'on dispose en batterie. Il faut éviter alors de commettre l'erreur d'affecter à chaque appareil une manœuvre indépendante pour une supposée raison d'économie. Si des économies sont à faire, il est préférable de les faire supporter sur bien d'autres points de l'immeuble. En effet, deux appareils, côte-à-côte et indépendants sont pis qu'un seul gros appareil. Pratiquement, tout se passe comme s'il n'en existait qu'un seul car les usagers appuient sur les boutons des deux et provoquent

ainsi une majorité de déplacements inutiles et, en fin de compte, le bilan de l'opération est négatif car la dépense supplémentaire d'énergie compense rapidement l'économie de base. D'autre part, la performance globale n'est pas pour autant améliorée.

Nous rappelons cette évidence car des installations ont été réalisées où cette grossière erreur a été commise.

Nous allons voir que toutes les manœuvres précédentes peuvent être mises sous forme de manœuvres sélectives et que chacune, sous cet aspect, présente un intérêt particulier et s'adapte parfaitement aux besoins adéquats des diverses natures de trafic.

Rappelons tout d'abord que le qualificatif de « sélectif » a été employé de différentes façons par les constructeurs : certains l'ont appliqué aux appels eux-mêmes, la manœuvre appelée ci-dessus « collective montée-descente » étant une manœuvre « collective et sélective des appels pour monter et pour descendre ». Pour notre part, nous préférons l'adopter pour qualifier les appels en fonction des appareils en présence, et ne retiendrons à titre d'exemple que les dénominations données par certains constructeurs aux manœuvres communes à plusieurs appareils : Selerta, Selectomatic, etc.

La norme NF 82205 ne donne pas de définition de ce mot : elle se borne à préciser qu'une manœuvre collective est telle que « toutes les commandes passées sont exécutées dans l'ordre rationnel » sans ajouter à cela qu'une manœuvre de ce type soit pour autant « sélective ».

1. — Manœuvre sélective à blocage

Dans certains immeubles d'habitation, la population par niveau peut devenir assez importante pour justifier l'installation de deux appareils. Il est possible de les réunir en batterie et de les soumettre à une manœuvre qui sélectionne les commandes d'appel vers l'un ou l'autre des ascenseurs.

L'installation comporte donc à chaque palier un seul bouton d'appel et un seul voyant d'indisponibilité. La présence de la cabine à l'étage peut être signalée soit par deux voyants placés dans la boîte à boutons palière ou au-dessus de chaque porte, soit par l'éclairage des cabines lorsque les portes comportent un oculus.

En cabine, on retrouve une boîte à boutons identique à celle de la manœuvre à blocage simple.

Le fonctionnement de la manœuvre est alors le suivant :

— l'appel à un niveau quelconque est possible lorsque le voyant d'indisponibilité est éteint. Un appel ayant été ordonné, l'une des cabines, en général la plus proche du palier d'où émane l'appel, se met en marche;

— si, pendant le déplacement d'une cabine, un autre appel est exécuté, l'autre cabine répond à ce deuxième ordre.

— le voyant d'indisponibilité est alors allumé car les deux cabines sont

en mouvement. Il s'éteint dès que l'un des deux appareils est devenu disponible.

Cette manœuvre présente l'avantage de réduire le temps d'attente mais conserve les inconvénients de la manœuvre à blocage : mauvaise utilisation de la capacité de la cabine.

Elle ne doit être utilisée que pour les immeubles où le nombre de niveaux est réduit (sept au maximum), mais où la densité de la population par étage est importante; d'une manière générale lorsque le calcul de trafic justifie l'installation de deux appareils.

2.— Manœuvre sélective-collective descente

Lorsque pour des raisons identiques à celles de la manœuvre sélective à blocage, l'installation de deux appareils en batterie est nécessaire dans un immeuble d'habitation dont le nombre de niveaux excède sept, la manœuvre collective descente mise sous forme sélective trouve pleinement son application.

A chaque palier est disposé un seul bouton d'appel et un voyant (soit séparé, soit intégré dans le bouton) indiquant que l'appel a été enregistré.

La signalisation de stationnement est identique à celle de la manœuvre sélective à blocage.

En cabine, une boîte à boutons identique à celle de la manœuvre simple.

Le dispositif de « complet » doit être prévu dans tous les cas et signalé sur le palier par un voyant « Complet » affecté à chaque appareil lorsque les portes palières sont munies d'oculus.

En cabine, le niveau du hall de départ doit être toujours enregistré et il est même préférable, pour les cabines de plus de quatre personnes, que tous les niveaux le soient.

DESCRIPTION DE LA MANŒUVRE

Le comportement de chaque appareil est identique, séparément, à celui de la manœuvre simple : l'appareil se rend au niveau d'appel le plus élevé et collecte en descente. Mais la sélection apporte des améliorations importantes, en effet :

- *lorsque les deux appareils sont à l'arrêt*, l'appareil le plus proche répond à un appel;

- *lorsqu'un appareil est en train de se déplacer en descente*, l'autre appareil se met immédiatement en marche pour répondre aux appels qui émanent des niveaux situés à chaque instant au-dessus de la cabine en déplacement descente.

Lorsqu'un appareil est en train de se déplacer en montée :

a) s'il existe des appels au-dessus de l'ordre auquel il est en train de répondre, il continue dans le sens montée jusqu'à l'appel le plus élevé, après avoir exécuté l'ordre de son déplacement et collecte ensuite en descente;

b) si les appels ont pour origine les niveaux situés au-dessous de la cabine en déplacement, le deuxième appareil se met en marche pour répondre à ces appels, jusqu'à l'appel le plus élevé et ensuite collecte en descente.

• *lorsqu'un appareil est* « *complet* » soit à partir du hall de départ (au moment de l'arrivée des habitants, par exemple), soit en descente (au moment du départ), l'autre appareil se met en marche pour répondre aux appels, toujours à partir de l'appel le plus élevé.

Cette programmation simplifiée apporte une amélioration des performances de la batterie :

— une régularisation du service aux moments où le trafic devient important,

— une réduction des temps d'attente,

— une réponse plus rationnelle car l'appareil dont la situation est la plus favorable par rapport à une ou plusieurs demandes répond seul et en priorité. Le trafic descente se répartit uniformément entre les deux appareils dans des conditions telles que les déplacements sont réduits au minimum.

3. — Manœuvre sélective-collective montée-descente

Dans les immeubles d'affaires, les hôpitaux, les administrations, le trafic entre les différents niveaux est toujours très important. La manœuvre sélective-collective montée-descente devient absolument indispensable pour que le temps d'attente des usagers reste dans les limites qui, bien que très difficiles à chiffrer et généralement incontrôlées, apportent non seulement une amélioration des relations intérieures, mais également une diminution sensible des temps morts.

A chaque palier sont disposés deux boutons d'appel, l'un destiné aux usagers désirant monter, l'autre à ceux désirant descendre. Deux voyants (soit séparés, soit intégrés dans le bouton) indiquent que l'appel a bien été enregistré.

D'autre part, au-dessus de chaque porte palière d'appareil des niveaux intermédiaires, deux flèches de sens, et une seule à chaque niveau extrême donnent aux usagers les indications identiques à celles de la manœuvre avec un seul appareil. Généralement, cette signalisation lumineuse est complétée par une signalisation acoustique : un gong ou une sonnerie retentit correspondant à l'appareil qui arrive. Dans ces conditions, l'usager peut sans hésitation se diriger vers la cabine qui correspond au sens de marche dans lequel il désirait se déplacer.

En cabine, la boîte à boutons et l'indicateur de niveaux sont identiques à ceux de la manœuvre simple, le dispositif de « complet » doit être prévu dans chaque cabine.

DESCRIPTION DE LA MANŒUVRE

Nous décrivons deux systèmes de fonctionnement de cette manœuvre.

1er SYSTÈME

Une cabine stationne normalement porte ouverte au niveau principal (hall de départ) et les autres cabines dites « libres » à leur dernier niveau desservi.

Lorsqu'un appel est émis d'un niveau au-dessus ou au-dessous du niveau où elles stationnent, l'une des cabines libres se met en marche pour lui répondre et éventuellement, si d'autres appels ont été enregistrés sur son passage et pour son sens de marche, s'arrête pour répondre à ces demandes ainsi qu'aux envois enregistrés par les passagers qui sont entrés au cours de ce déplacement, jusqu'à la dernière demande effectuée. Ces réponses s'effectuent dans l'ordre spatial d'enregistrements des appels et envois et non dans leur ordre chronologique.

Cette cabine répond, seule, à toutes les demandes, exception faite des demandes faites au niveau principal ou stationne l'autre cabine, ou aux appels émanant des sous-sols auxquels cette dernière répondra également.

L'autre cabine « libre » (dans le cas d'une triplex) se met en marche :

— si le dispositif « complet » de la cabine en marche a fonctionné;

— si un usager entre directement dans cette cabine pour se déplacer à un autre niveau.

Cette cabine, à son tour, répond aux diverses demandes suivant le principe de base de la manœuvre énoncé plus haut.

Lorsque les demandes d'appel ou d'envoi sont épuisées, les cabines s'arrêtent à leur dernier niveau desservi. Leurs portes demeurent ouvertes un certain laps de temps et après 15 ou 20 s se ferment automatiquement. Elles s'ouvrent dans le cas où un usager appuie sur un bouton appel à l'étage où stationne la cabine correspondante.

Lorsqu'une personne a emprunté au hall de départ la cabine que certains constructeurs appellent « de garde », celle-ci va répondre suivant le principe de la manœuvre à tous les appels et envois correspondant à ses sens de marche successifs. Dès le démarrage de la cabine « de garde », la cabine « libre » à l'arrêt vient la remplacer au niveau principal. Si les deux cabines dites « libres » sont en fonctionnement, la première devenue disponible se dirige automatiquement vers le niveau principal pour prendre position de cabine « de garde ».

Le système de cette manœuvre présente l'avantage de diminuer au maximum les temps de parcours : en effet, le plus souvent, une seule cabine est

en fonctionnement, l'autre (dans le cas de la duplex) ou les deux autres (dans la triplex) ne venant à son aide que dans le cas où la première cabine est complète ou bien si quelqu'un les emprunte directement au niveau où elles stationnent. Et, nécessairement, la dépense d'énergie est réduite. Par contre, le temps d'attente des usagers est parfois important, car la seule cabine en action doit, avant d'inverser sa marche pour répondre aux demandes en deçà de sa position, desservir toutes les demandes correspondant à son sens de déplacement jusqu'à épuisement total. Le trafic, quoique important, est presque toujours sporadique : la cabine est rarement complète pendant le trafic journalier et les arrêts sont nombreux.

Cette manœuvre convient donc lorsque le trafic journalier entre étages n'est pas particulièrement important.

2e SYSTÈME

Les cabines stationnent respectivement à leur dernier niveau desservi. Lorsqu'un appel est émis, la cabine la plus proche du niveau d'appel se met en marche pour lui répondre et éventuellement, si d'autres appels ont été enregistrés sur son passage et pour son sens de marche, s'arrête pour répondre à ces demandes ainsi qu'aux envois leur succédant.

Pendant la marche de cette cabine, les autres sont dites « bloquées ».

Elles se débloqueront selon le processus ci-après.

1) *La seconde cabine :*

a) pour les demandes de sens inverse du déplacement de la première cabine, en amont ou en aval de sa situation;

b) pour les demandes de même sens seulement, en amont de sa situation;

c) si le dispositif de complet de la première a fonctionné.

Des deux cabines bloquées (dans le cas d'une triplex), c'est la plus proche de l'appel en question qui se met d'abord en marche...

2) *La troisième cabine* (dans le cas d'une triplex) :

a) pour les demandes de sens inverse du déplacement des deux premières, si celles-ci marchent dans le même sens, en amont ou en aval de leurs positions respectives;

b) pour les demandes de même sens, seulement en amont de leurs positions respectives;

c) si les dispositifs de complet des deux premières ont fonctionné simultanément.

Dans le cas de la triplex, et lorsque le trafic à partir du niveau principal est notable, une cabine peut être affectée à la « garde » de ce niveau, comme dans le premier système; la première cabine disponible vient automatiquement à ce niveau lorsque les trois sont en action. Les deux autres se comportent alors suivant le descriptif ci-dessus qui, en résumé, consiste à mettre

en mouvement la cabine bloquée dès qu'un appel irrationnel pour le sens de marche de l'autre est ordonné où dès que le « complet » s'est produit.

Dans ce système, l'économie d'énergie n'a pas été considérée comme prépondérante. Les cabines se déplacent beaucoup plus, mais les temps d'attente sont réduits en conséquence car l'usager n'a pas à attendre le renversement du sens de marche de la cabine en mouvement pour que sa demande soit satisfaite.

Cette manœuvre convient donc lorsque le trafic journalier entre étages est important et lorsque, négligeant la dépense supplémentaire d'énergie, l'économie de temps est considérée comme prépondérante.

REMARQUES

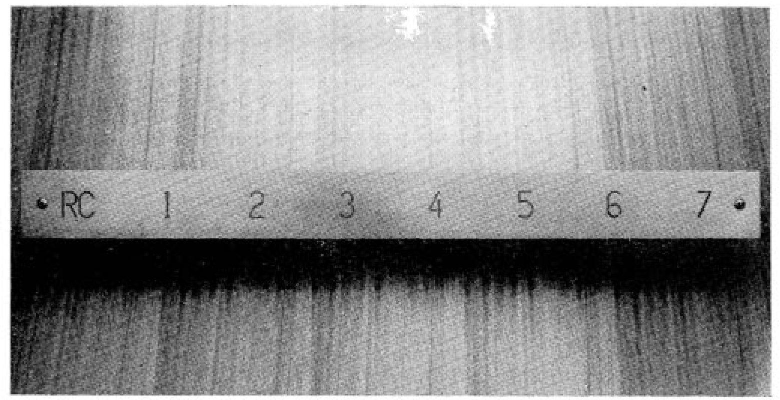
1. — La manœuvre sélective-collective montée-descente doit être appliquée à un maximum de trois appareils. Au-delà de ce nombre, il est préférable de faire appel à une manœuvre automatiquement programmée. Une partie du fonctionnement de cette dernière, en particulier dans le trafic journalier, est similaire aux deux systèmes précédents mais, comme nous allons l'examiner, des dispositions sont prises pour que non seulement les réponses des appareils s'effectuent de façon rationnelle, mais encore une analyse du trafic s'opère à chaque instant en fonction de l'ensemble des demandes émises soit des paliers, soit des cabines.

2. — A la manœuvre sélective-collective montée-descente peut être adaptée une programmation semi-automatique par horloge ou par commutateur à la disposition d'un préposé pour que, aux heures d'entrée et de sortie du personnel, dans le cas d'immeuble occupé par une seule société, les cabines répondent dans des conditions particulières à ces moments de façon adéquate aux demandes qui sont enregistrées.

a) Entrée massive du personnel : dans un intervalle de temps déterminé par l'horloge ou par le préposé, les cabines viennent automatiquement au niveau d'entrée et partent à la demande des passagers lorsque leur charge a atteint au minimum les trois quarts de la capacité de la cabine. Après avoir desservi les niveaux désirés, elles inversent leur sens de marche et reviennent automatiquement au niveau de départ où leurs portes s'ouvrent dès leur arrivée. Elles ne s'arrêtent pas aux appels intermédiaires.

b) Sortie massive du personnel : toujours sous le même contrôle les cabines vont au niveau d'où est émis l'appel le plus élevé, descendent en collectant à la descente les appels intermédiaires et inversent leur marche sans répondre aux appels « pour monter » émanant des divers étages.

3. — Une signalisation auxiliaire consituée par un indicateur de position peut être prévue au niveau principal (fig. 126). Elle a un caractère spectaculaire plutôt qu'une utilité permanente réelle. En effet, si nous considérons le cas de l'arrivée décrite ci-dessus, la programmation suffit à ramener les cabines sans perte de temps et si le calcul de trafic a été, comme nous allons le voir dans la suite, convenablement étudié, le temps d'attente est suffisamment réduit pour que les usagers ne s'impatientent pas. Dans la journée, une



DOCUMENT ASCINTER-OTIS

FIG. 126. — *Indicateur de niveau horizontal.*

cabine est prévue « de garde », le temps d'attente est donc pratiquement nul. La position respective des cabines ne présente donc pas d'intérêt, ni pratique, ni psychologique, si ce n'est pour situer les cabines dans l'espace à l'intention des pompiers en cas de sinistre. Mais cela seul justifie leur installation.

Par contre, la signalisation par indicateurs de position à tous les niveaux de l'installation est à proscrire. En effet, les usagers ont naturellement tendance à observer la position des cabines. Ils peuvent regarder un indicateur sur lequel ils voient la cabine s'approcher de leur étage, mais ce n'est pas pour cela qu'elle s'arrêtera (à moins que l'usager n'ait appuyé sur les deux boutons), car si la demande faite par l'usager est de sens contraire au déplacement qu'il est en train d'observer, elle peut continuer sa course pour répondre à des demandes émanant d'autres étages et correspondant à son sens de déplacement. La réaction de l'usager est de penser que la marche de l'appareil est défectueuse alors qu'il n'en est rien.

4. — Bien que portes et manœuvres ne soient pas liées par une correspondance de types, il est préférable de prévoir des portes électriques sur les appareils soumis à une sélective-collective montée descente, même lorsque la vitesse n'excède pas 1,50 m/s. En effet, la porte battante présente le défaut, pendant sa fermeture, de ne pouvoir s'ouvrir que par une nouvelle intervention de l'usager retardataire. Lorsque le trafic est important, cette situation est fréquente et les performances de l'appareil sont réduites, ce qui se traduit par une augmentation du temps d'attente. La porte automatique (à ouverture centrale, chaque fois qu'une impossibilité n'apparaît pas) a l'avantage de pouvoir laisser passer plus facilement le retardataire. Elle s'ouvre automatiquement soit par l'effet d'un volet mobile, soit sous l'influence d'un rayon de cellule photoélectrique, lorsque l'usager s'engage dans la baie. D'autre part, le passage libre des portes électriques à ouverture centrale peut être plus largement prévu. Nous avons vu que la fermeture de la porte battante de 0,90 ou 1m était lente, difficilement réglable et n'était pas fidèle..

4. — Manœuvre programmée ou à régulation automatique du trafic

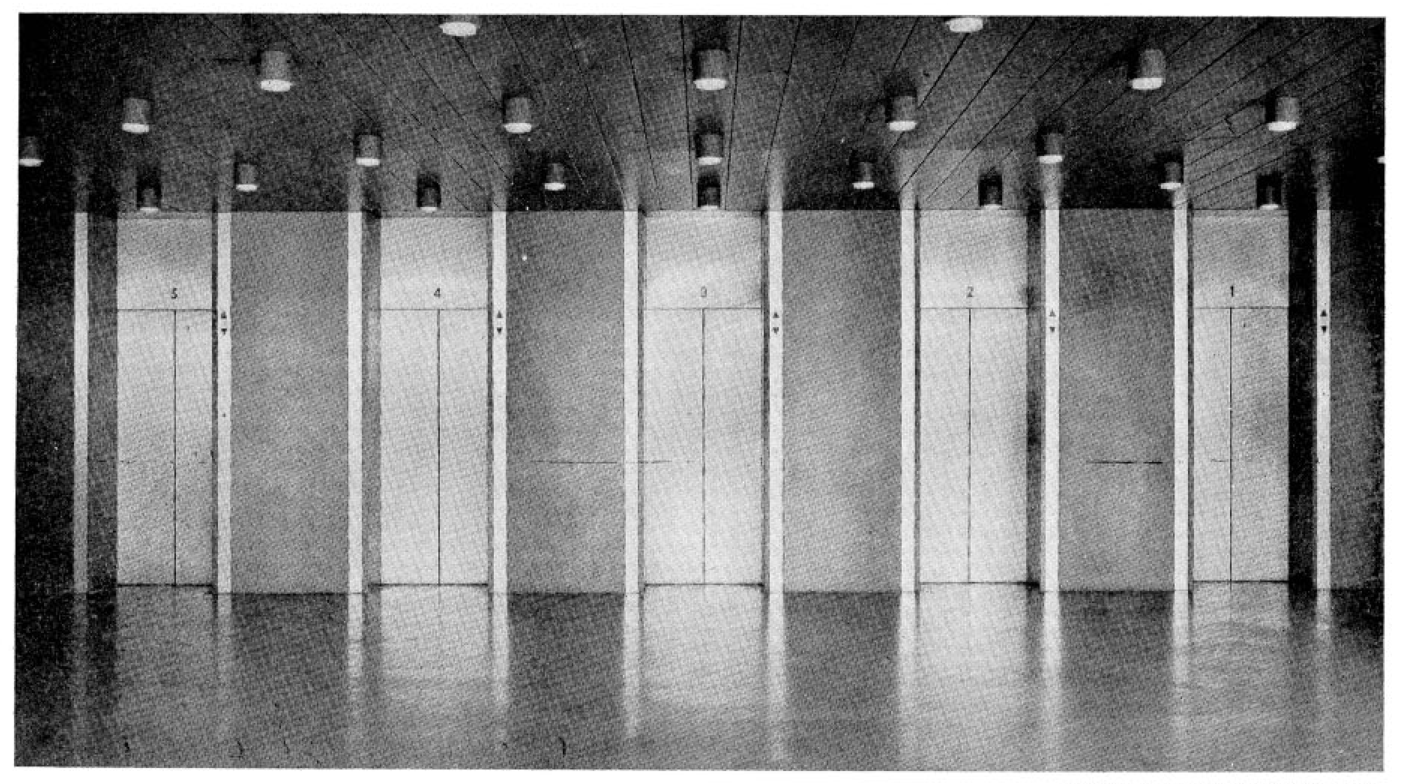
Nous avons vu que la manœuvre sélective-collective montée-descente devait être limitée à trois appareils en batterie. A partir de quatre appareils, cette manœuvre, dont le principe général de réponse aux appels et envois correspondant à son déplacement est conservé, doit être dotée de perfectionnements qui lui confèrent des possibilités accrues, dont les nécessités du trafic ne peuvent se passer. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, le fait de doubler, tripler ou quadrupler le nombre des appareils n'augmente pas proportionnellement les performances d'une batterie quant à son débit. En effet, on a pu, dans les immeubles où le trafic était important, constater que l'absence de régulation provoquait un notable rassemblement de personnes, par exemple au rez-de-chaussée, dans l'attente d'une cabine qui n'arrivait jamais et, las de cette situation irritante, emprunter simplement l'escalier, ou, au moment de l'arrivée d'une cabine pleine, se précipiter, retardant ainsi la sortie des passagers, tandis que quelques secondes plus tard une autre cabine arrivait vide à ce même niveau. Cette dernière repartait alors insuffisamment chargée. Ce phénomène se produisait (et se produit encore) dans certains grands magasins, immeubles à bureaux, hôpitaux au moment des heures de visite, administrations.

La possibilité de discrimination des appareils était alors extrêmement réduite et, bien que les systèmes de signalisation soient ingénieux, ils étaient insuffisamment adaptés aux nécessités et laissaient aux usagers la liberté d'un choix qui n'était généralement pas en concordance avec le fonctionnement qui s'imposait. Mais cette signalisation constituait un premier pas sur les systèmes qui auparavant étaient simplement juxtaposés à la manœuvre elle-même.

Par la suite, on vit apparaître des dispositifs automatiques de régulation mais, quelle que fut leur élaboration, la présence d'un conducteur était encore indispensable car lui seul pouvait répondre aux signaux de régulation. Mais cela demandait une grande attention de la part du conducteur qui était sujet à des erreurs qui déréglaient en partie le système.

Les constructeurs s'employèrent alors à éliminer le facteur humain et orientèrent leurs recherches vers un automatisme intégral. A l'heure actuelle, ces manœuvres dites « programmées » sont couramment appliquées dans les buildings d'affaires, les administrations et s'étendent aux hôpitaux. Les grands magasins ont plutôt tendance à adopter l'escalier mécanique car, bien que plus coûteux, son déroulement continu laisse à la clientèle une plus grande liberté de circulation, qui en fin de compte, se révèle dans ce cas nettement plus avantageuse.

La manœuvre à régulation automatique de trafic s'applique à tous les immeubles comportant un trafic très important dont l'aspect peut revêtir les formes que nous allons examiner et qui prennent naissance dans les immeubles d'affaires, les grands hôtels, les administrations, les hôpitaux où allées et venues du personnel pour les besoins du service, entrées et sor-



DOCUMENT SCHINDLER - PHOTO O. PFEIFER

FIG. 127. — *Cinq appareils en batterie : manœuvre collective sélective montée-descente avec programmation automatique.*

ties du personnel ou des visiteurs, déplacements massifs internes au moment des repas ou des conférences, présentent des caractères communs dans le transport vertical (fig. 127).

Le rôle de cette manœuvre sera donc d'adapter automatiquement, sans aucune intervention extérieure et d'une manière rationnelle correspondant, en permanence, à l'exploitation la meilleure, les réponses des divers appareils de la batterie aux demandes issues des divers trafics dont elle effectue à chaque instant l'analyse.

Dans ces immeubles, le trafic, au cours de la journée, prend certains aspects auxquels la batterie d'ascenseurs adapte automatiquement un régime de marche particulier; ce sont :

• *Le trafic exclusif en montée :* aux heures d'entrée dans les bureaux, les appareils devront prendre une masse de personnes au niveau principal (hall d'entrée) et les répartir dans les étages; à moins d'exception, il n'existera pas de demande « pour descendre ». Mais le trafic exclusif en montée peut trouver son origine, non seulement au niveau principal, mais aussi dans les sous-sol où se trouvent les parkings d'automobiles. Or, à l'heure actuelle, on peut considérer que 25 % de la population d'un immeuble de bureaux se rend à son travail par ce moyen de transport. Le trafic exclusif en montée est essentiellement divergent.

• *Le trafic exclusif en descente :* aux heures de sortie, les ascenseurs auront à collecter les usagers répartis dans les étages et à les acheminer vers le niveau principal et éventuellement vers les parkings situés dans les sous-sol. A moins d'exception, il n'existera pas pendant de laps de temps de demande « pour monter ». On peut considérer que pendant cette période le trafic montée est pratiquement nul. Ce trafic a donc une forme convergente concentrée lorsqu'il n'existe qu'une possibilité de sortie, et convergente non concentrée lorsqu'il en existe plusieurs.

• *Le trafic prépondérant en montée :* à certaines heures de la journée, les demandes « pour monter » et « pour descendre » existent simultanément mais avec une prédominance pour la montée : c'est ainsi le cas de personnel ayant à se rendre à une salle de conférence, à un centre médical situés dans les étages supérieurs du bâtiment (les appareils ont alors à faire face à un trafic convergent concentré) ou bien sortant d'un restaurant situé dans la partie inférieure de l'immeuble pour se répartir ensuite dans les étages (trafic divergent). Il peut également se produire des demandes « pour monter » émanant de plusieurs niveaux avec une répartition dans une zone supérieure.

• *Le trafic prépondérant en descente :* le même phénomène que celui décrit ci-dessus peut se produire en sens inverse. Ce sera, par exemple, la sortie du personnel de la salle de conférences précédemment citée et se répartissant dans les étages situés au-dessous (trafic divergent) ou l'entrée au restaurant (trafic convergent concentré) et, de même, des demandes « pour descendre » peuvent être émises avec une répartition dans une zone inférieure.

• *Trafic équilibré :* au cours des heures de travail, les demandes pour monter et pour descendre ne prennent respectivement aucun caractère de prépondérance l'une par rapport à l'autre : elles sont équivalentes. On dit que le trafic est équilibré.

• *Trafic de nuit, de jours fériés :* pendant la nuit, les dimanches et les jours fériés, le trafic des bureaux est pratiquement nul. (Par contre, le dimanche, les visites sont plus nombreuses dans les hôpitaux).

Ainsi, le trafic des immeubles peut, en résumé, prendre cinq formes essentielles : il peut être :

1) *convergent concentré :* trafic de pointe à partir de plusieurs niveaux vers un niveau privilégié;

2) *convergent non concentré :* trafic de pointe à partir de plusieurs niveaux vers une zone de plusieurs niveaux;

3) *divergent :* trafic de pointe à partir d'un seul niveau ou d'une zone de deux ou trois niveaux vers l'ensemble des autres niveaux;

4) *équilibré :* trafic de transport individuel ou tout au moins très réduit de personnes dans les deux sens;

5) *réduit :* trafic d'heures creuses; il faudrait dire plutôt « absence de trafic ».

Si le trafic peut être réduit à ces cinq critères, il n'en demeure pas moins que pendant l'exploitation ceux-ci peuvent se déplacer dans le temps et qu'il n'est pas possible de les fixer chronologiquement. Nous savons toutes les perturbations que peuvent apporter les grèves des transports en commun à l'arrivée, à la sortie du personnel, à la quantité de personnes à transporter. Les hôtels peuvent être influencés par la création d'expositions dont les heures d'ouverture et de fermeture sont très diverses.

Il n'est donc pas possible de fixer dans un cadre rigide les programmes auxquels doivent satisfaire les ascenseurs pour répondre à des demandes aussi diverses et aussi fluctuantes. Les recherches relatives à l'automaticité complète furent laborieuses. Après diverses solutions portant soit sur une rotation régulière des cabines dont les départs aux niveaux extrêmes s'effectuaient à intervalles équitemporels, soit sur une régulation commandée par un « dispatcher » d'après un tableau de signalisation synoptique où s'inscrivaient les demandes émanant des paliers et des cabines et le sens de marche des appareils, les réalisations actuelles utilisent des systèmes apparentés à la fois à un calculateur numérique et à un calculateur analogique.

La partie numérique du schéma se porte en général sur les demandes ou les phénomènes difficiles à traduire par des variations plus ou moins continues de valeurs électriques : il s'agit en particulier des arrivées successives ou en groupe de personnes au niveau principal; elles ne disposent que d'un seul bouton pour transmettre leur demande pour monter. Leur comptage exact est pratiquement impossible lorsque la densité de trafic prend une valeur notable, car la même personne peut appuyer plusieurs fois sur le bouton alors que d'autres peuvent simplement oublier. Les réalisateurs se

refèrent à la charge de la cabine qui contrôle ainsi, en permanence, le nombre moyen de personnes en train d'emprunter les appareils.

La partie analogique du schéma, plus facile à réaliser, affecte les appels paliers. Ceux-ci étant répartis sur toute la course; il est alors simple de les compter (ce qui encore serait en forme numérique) ou d'en faire la somme dans un circuit pour en mesurer le nombre par une intensité de courant.

Nous verrons dans la partie réservée au calcul de trafic les bases sur lesquelles reposent la conception des manœuvres actuelles et le comportement des appareils qui en résulte. Nous nous bornons pour l'instant à décrire le fonctionnement général d'une telle manœuvre, sans entrer dans les détails de réalisation des constructeurs.

DESCRIPTION DE LA MANŒUVRE

Nous avons vu ci-dessus les dispositifs utilisés actuellement, soit sous forme numérique, soit sous forme analogique, pour rendre automatique l'adaptation de la batterie aux demandes provenant de l'extérieur et de l'intérieur des cabines. Ces dispositifs permettent de réaliser la transition entre les différentes formes de trafic. Celles-ci, comme nous le verrons, ne s'établissent pas de façon discontinue. Il existe en règle générale une certaine variation continue, plus ou moins rapide, entre deux états successifs du trafic. Une variation brusque serait d'ailleurs plus facile à contrôler, mais poserait d'autres problèmes de possibilité de transport. C'est le cas où l'ouverture de la porte d'entrée des bureaux s'effectue à l'heure exacte même d'entrée du personnel. L'agglomération des personnes arrivées à l'avance pose alors de sérieuses difficultés.

Dès que le dispositif a analysé l'une de ces formes, le fonctionnement de la batterie est alors fixé jusqu'à un certain point de sa disparition.

Nous allons donc examiner le comportement des cabines face à chacun des types de trafic décrits précédemment. Nous remarquerons, au préalable, que les organes de commande et de signalisation de ces manœuvres sont identiques à ceux de la manœuvre sélective-collective montée-descente.

TRAFIC EXCLUSIF EN MONTÉE

Lorsque les arrivées des usagers au niveau principal atteignent une certaine densité, les cabines redescendent automatiquement à ce niveau dès qu'elles ont transporté le dernier passager automatiquement au niveau supérieur auquel il désirait se rendre. Mais une seule cabine stationne alors porte ouverte; les autres, si elles sont présentes à ce niveau, attendent portes fermées. Dès que le quantum de charge est atteint (80 à 90 % de sa charge nominale), ou dans certains cas lorsque un certain délai est écoulé, la porte de la cabine en partance se ferme et celle-ci démarre. La porte de la seconde cabine s'ouvre alors, prête à recevoir les usagers suivants. Une rotation automatique s'établit donc, soumise à deux critères de régulation, la charge et, si celle-ci n'est pas atteinte au bout d'un temps (réglable suivant l'im-

meuble), une temporisation basée sur les possibilités de rotation des cabines. Ainsi, aucune cabine n'effectue de déplacement inutile en restant sous la dépendance même des usagers.

Cette forme de fonctionnement subsiste jusqu'à ce qu'un certain délai s'écoule (50 s environ) après le départ du niveau principal d'une cabine insuffisamment chargée.

Si une demande « pour descendre » est enregistrée pendant cette forme de trafic, une cabine quelconque doit pouvoir la satisfaire si plusieurs cabines sont en stationnement au niveau principal en attente d'être chargées.

Les demandes éventuelles « pour monter » émises dans les étages au-dessus du niveau principal peuvent être satisfaites par une cabine quelconque pourvu que son dispositif de « complet » n'ait pas fonctionné. Mais ces deux cas sont négligeables par rapport au trafic de base.

TRAFIC EXCLUSIF EN DESCENTE

Dès que les demandes « pour descendre » atteignent un certain quantum, les cabines se rendent aux appels émanant des niveaux les plus élevés et collectent les usagers en descente jusqu'au niveau principal. Elles inversent alors leur marche et remontent pour répondre aux nouvelles demandes.

Dans cette forme de trafic, plusieurs solutions sont appliquées, soit que :

— les cabines pendant leur rotation reviennent au niveau supérieur de l'immeuble à partir duquel, répondant aux demandes pour descendre, elles commencent leur collecte;

— les cabines ne parviennent qu'au niveau le plus élevé d'où est émis un appel « pour descendre ». Dans ce cas, l'analyseur de trafic détermine à chaque instant le niveau au milieu de la distance entre l'appel le plus élevé et le niveau principal et lui envoie succesivement les cabines disponibles.

Pendant cette forme de trafic, et en particulier lorsque la régulation s'effectue à partir du niveau supérieur, une priorité est accordée aux appels émis aux niveaux les plus élevés ce qui peut se manifester par le fonctionnement du dispositif « complet » dès les premières collectes dans les immeubles de grande hauteur. Dans ces conditions, des appels peuvent être enregistrés à des niveaux intermédiaires bas, qui pourraient demeurer insatisfaits. Lorsque l'un de ces appareils subsiste depuis un laps de temps (à déterminer et réglable), la première cabine en montée s'arrête à ce niveau et conduit immédiatement en priorité ce passager au niveau désiré. Ainsi, le temps d'attente est limité car la durée de chaque appel est contrôlée en permanence.

TRAFIC PRÉPONDÉRANT EN MONTÉE

Le trafic prépondérant en montée est traité d'une manière similaire au trafic exclusif, mais avec moins de généralisation de la rotation de l'ensemble des cabines. Dans le cas présent, lorsque le nombre de demandes « pour monter » est insuffisant, la première cabine disponible se rend au niveau le plus bas d'où est émis l'appel « pour monter » en négligeant tous les

appels qui pourraient être faits « pour descendre » aux étages intermédiaires. La cabine se met ensuite en marche pour collecter les différents appels « pour monter ».

Ce cycle, cabine par cabine, est maintenu tant que le nombre de demandes « pour monter » demeure suffisant.

Des demandes « pour descendre » sont enregistrées pendant cette forme de trafic. Elles sont satisfaites par les autres cabines, dans les conditions normales de fonctionnement d'une manœuvre sélective collective.

Dans certaines applications, le contrôle des appels est effectué à partir du niveau situé au milieu de la course séparant les demandes pour descendre.

TRAFIC PRÉPONDÉRANT EN DESCENTE

L'analyse et les réponses s'effectuent dans des conditions analogues aux précédentes mais en sens inverse.

TRAFIC ÉQUILIBRÉ

Le mode de fonctionnement du trafic équilibré peut être celui de la manœuvre sélective-collective montée-descente, sous les deux aspects que nous avons décrits.

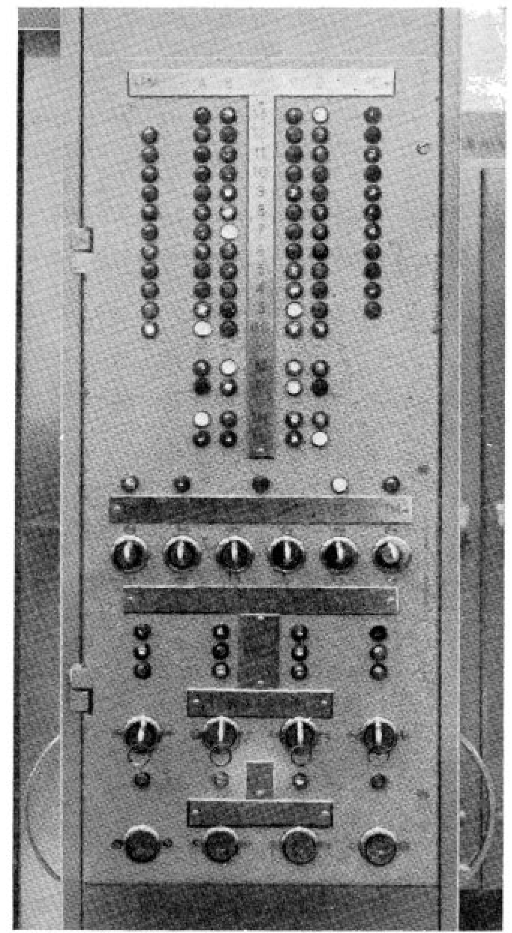
Dans une autre application, les cabines sont envoyées aux niveaux extrêmes ou au niveau extrême supérieur et au niveau principal appelés « niveaux de régulation » où l'une d'elles dite « première à partir » stationne porte ouverte, en attente de son départ soit au bout d'un temps prédéterminé, soit, si ce temps est dépassé, par un ordre d'envoi ou en réponse à un appel. Après son départ, la cabine répond à toutes les demandes correspondant à son sens de marche jusqu'au niveau opposé de régulation. Simultanément avec le départ de cette cabine se produit le départ d'une cabine du niveau de régulation opposé, qui vient prendre la garde à la place de la précédente. Pendant toute la durée de cette forme de trafic, un même nombre de cabines (lorsque ce nombre est pair) se trouvent aux niveaux de régulation, en attente d'éventuels départs.

TRAFIC RÉDUIT

Lorsqu'au bout d'une durée de plusieurs minutes aucune demande n'a été faite, les cabines reviennent au niveau principal. Les groupes convertisseurs s'arrêtent. Les portes sont fermées, à l'exception de celle d'une cabine de garde, généralement celle arrivée la dernière. Celle-ci demeure un certain temps encore prête à entrer en service. Si, au bout d'une durée identique, aucun appel ou envoi ne s'est manifesté, la porte de cette cabine se ferme également et son groupe convertisseur s'arrête.

Si une demande quelconque est émise, la dernière cabine mise au repos se met immédiatement en service dans les conditions normales d'exploitation. Après satisfaction de cette demande, la cabine reprend le repos de la même façon que précédemment.

La batterie est ainsi prête à répondre aux demandes qui succèdent normalement au trafic réduit et qui constituent l'amorce du trafic prépondérant en montée du matin. Le premier arrivant appuyant sur le bouton « pour



DOCUMENT ROUX-COMBALUZIER

FIG. 128. — *Tableau synoptique d'une commande quadruplex offrant à un préposé la possibilité d'intervenir dans la distribution des appareils.*

monter » provoque le démarrage du groupe convertisseur et l'ouverture de la porte palière, le second également; la batterie reprend, avec les usagers, sa vie quotidienne.

REMARQUES

1. — Pour certaines manœuvres spéciales, les appareils peuvent être rendus indépendants de la batterie. Cette disposition ne doit faire cependant qu'exception car l'ensemble, prévu pour satisfaire à certains aspects du trafic, ne peut plus répondre dans les mêmes conditions aux demandes des usagers. En particulier, aux heures des trafics exclusifs, la séparation des appareils est à proscrire.

2. — La desserte des sous-sols peut-être prévue dans une batterie. Elle diminue les performances de l'appareil dans des conditions difficilement chiffrables car les données essentielles ne sont pas connues avec exactitude. Bien qu'elle ne soit pas souhaitable, elle est acceptable et en tenant compte, dans le calcul de trafic, de l'incidence des demandes qui en sont issues, les conditions de fonctionnement de l'ensemble n'est pas sensiblement perturbé.

Par contre, il faut éviter à tout prix que dans une batterie un ou plusieurs appareils desservent les sous-sols alors que les autres s'arrêtent au niveau principal. Le groupe des ascenseurs pour fonctionner correctement doit constituer un ensemble harmonieux. La disposition ci-dessus déséquilibre totalement la batterie : les régimes de marche sont différents, les temps d'attente prennent des valeurs extrêmes importantes et donnent l'impression d'une marche défectueuse.

3. — Pendant les périodes d'entretien des ascenseurs, chaque appareil est détaché de la batterie. Il convient de veiller à ce que ces interventions s'effectuent de préférence pendant les heures de trafic équilibré pour que la batterie puisse répondre dans des conditions acceptables aux exigences du trafic. C'est une disposition à laquelle le constructeur, qui en général supporte la responsabilité de la bonne marche des appareils qu'il a installés, doit se soumettre pour la satisfaction des usagers (fig. 128).

5. — Manœuvre programmée avec spécialisation des appareils

Dans l'étude du trafic nous verrons que les trafics exclusifs montée-descente forment le critère du calcul pour la détermination de la capacité des appareils. On a vu dans le paragraphe précédent la façon dont les appareils répondaient automatiquement à cette forme d'utilisation. Cependant, ces systèmes actuellement appliqués ne conduisent pas à la solution la meilleure.

En particulier, dans les immeubles de grande hauteur, on a coutume de répartir les niveaux en deux zones :

— l'une dite « zone basse » intéressant la moitié inférieure de l'immeuble et desservie par une batterie;

— l'autre dite « zone haute » constituée par la moitié supérieure et desservie par une seconde batterie indépendante.

Les appareils de la zone haute ont même niveau principal que ceux de la zone basse, mais leur vitesse est en général plus élevée et ils font « express » de ce niveau au premier niveau desservi, c'est-à-dire, pour la moitié de l'immeuble. Il est nécessaire que la vitesse soit plus élevée pour que le temps d'attente soit sensiblement le même que celui de la zone basse, sinon il faut que le *nombre* d'appareils soit plus important (le nombre et non pas la charge comme nous le verrons dans l'étude du calcul du trafic.)

Cette disposition peut être remplacée avec les avantages que nous établirons par un système de programmation avec spécialisation.

L'immeuble est alors desservi par une seule ou plusieurs batteries d'appareils qui, en trafics autres que le trafic exclusif montée ou descente, peuvent tous s'arrêter à chaque niveau.

Mais, au moment où l'analyseur de trafic donne à la batterie l'ordre de

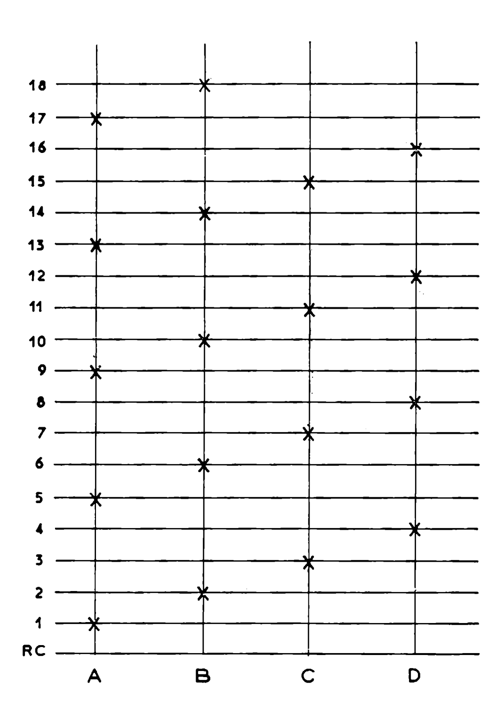


FIG. 129. — *Répartition des arrêts de quatre ascenseurs spécialisés.*

répondre à une forme de trafic exclusif soit montée, soit descente, les appareils desservent alors des niveaux déterminés. Nous verrons dans la suite, comment peut s'effectuer cette attribution.

Ainsi, lorsque le calcul a donné une solution de quatre appareils pour 18 niveaux au-dessus du rez-de-chaussée, la répartition sera établie suivant la figure 129.

— l'appareil A dessert les étages suivants : R.C. 1 - 5 - 9 - 13 - 17.
— l'appareil B dessert les étages suivants : R.C. 2 - 6 - 10 - 14 - 18.
— l'appareil C dessert les étages suivants : R.C. 3 - 7 - 11 - 15.
— l'appareil D dessert les étages suivants : R.C. 4 - 8 - 12 - 16.

Les boutons paliers et les boîtes à boutons cabine sont identiques à ceux d'une batterie à manœuvre programmée sans spécialisation; les signalisations sont également les mêmes. Il est nécessaire de prévoir au niveau principal, dans le cas du trafic exclusif montée, une signalisation qui permette aux usagers de prendre l'appareil qui dessert le niveau auquel ils se rendent, signalisation constituée par un panneau lumineux indiquant les niveaux pour lesquels l'appareil est spécialisé et placé au-dessus de la porte de l'ascenseur correspondant.

Pour le trafic exclusif descente, la signalisation normale est suffisante, car c'est un appareil et un seul qui peut alors s'arrêter au niveau intéressé.

Dans les mêmes conditions que pour la manœuvre programmée sans spécialisation, lorsque le régime de trafic exclusif cesse, la batterie répond suivant le nombre et la qualité des demandes, les panneaux lumineux s'éteignent et il subsiste au niveau principal les signalisations optique et sonore normales.

Nous établirons, dans les paragraphes suivants, les calculs qui permettent de déterminer une telle batterie et en analyserons les avantages et les inconvénients.

V. — Calcul de trafic

A. — Généralités

On désigne sous cette expression les calculs qui, à partir de certaines données de base, permettent de déterminer la capacité des appareils et leur nombre.

Dans les paragraphes précédents relatifs aux manœuvres nous avons déjà abordé la question du trafic aux points de vue de ses manifestations.

Celles-ci dépendent de deux facteurs qu'il conviendra d'examiner préalablement à toute étude :

Nature de l'immeuble

La constitution d'un immeuble prévu exclusivement pour l'habitation ou pour les affaires, sous forme de building de société ou de grand magasin,

permet en premier lieu de déterminer le type de manœuvre à adopter. Mais en ce qui concerne le calcul de trafic proprement dit, la manœuvre sera supposée ramener automatiquement dans tous les cas le ou les appareils au niveau où le trafic trouve son origine ou au niveau à partir duquel le ou les appareils balayeront la zone des départs du trafic. Ceci suppose en général que la manœuvre adoptée est à enregistrement collectif complet; or, dans les immeubles d'habitation classiques, on sait qu'une telle manœuvre est superfétatoire, la manœuvre à blocage étant amplement suffisante (on se reportera à l'abaque concernant les appareils à 0,70 m/s avec porte battante de 0,70 m, où les possibilités des appareils dépassent les nécessités habituelles). En réalité, le calcul de trafic n'a pratiquement pas à intervenir dans ces cas simples.

Cependant, lorsque le nombre de niveaux et la population deviennent importants, c'est-à-dire lorsque le débit (dont nous allons parler dans ce qui suit) dépasse 0,1 personne par seconde, l'utilisation des abaques permet immédiatement de déterminer le ou les ascenseurs nécessaires.

La situation de l'immeuble peut intervenir dans des conditions telles qu'il soit nécessaire d'en tenir compte. Ainsi, dans les grands ensembles, la proximité d'une école ne favorise pas l'étalement du trafic et il peut être intéressant de la considérer pour éviter l'accumulation des personnes accompagnant les enfants aux heures de sortie ou l'attente excessive aux heures de rentrée. Un immeuble à sociétés multiples situé à proximité d'une gare peut subir les heures d'arrivée des trains. Il n'est pas possible de répertorier tous les cas et il faudra que le maître d'œuvre pense à tenir compte de la nature des incidences qui peuvent influer sur le trafic auquel les ascenseurs doivent répondre.

Population à transporter

La population à transporter est elle-même fonction de la nature de l'immeuble. Les heures d'entrée et de sortie du personnel peuvent être différentes dans un building à sociétés multiples. Alors que dans un immeuble à société unique on constate un intense trafic de pointe à certaines heures et un trafic entre étages réparti sur toute la course, dans un building d'affaires les pointes, toutes choses égales, sont moins importantes, elles sont plus étalées et il peut parfois se produire plusieurs pointes à différentes heures. Dans un hôpital, les pointes d'entrée sont très aigues, les sorties sont par contre beaucoup plus étalées que dans un immeuble à société unique.

Le calcul devra nécessairement être effectué en prenant les conditions les plus défavorables pour lesquelles le trafic est maximum.

B. — Aspect graphique du trafic

Le trafic exclusif en descente, trafic concentré vers le hall de sortie ou réparti entre ce dernier niveau et les sous-sol de garages est le plus dense

car il accuse une pointe importante, particulièrement dans les immeubles à société unique; cependant, cette pointe est de très courte durée et l'étalement qui se produit ensuite prend une densité que les appareils peuvent largement supporter.

Cet aspect du trafic se manifeste surtout dans les immeubles de grande hauteur où il est impensable que les personnes puissent emprunter les escaliers pour descendre. Mais, dans les buildings d'affaires dont le nombre de niveaux n'est pas important (huit ou dix étages), on a constaté que 20 à 30 % des personnes seulement se servent des ascenseurs pour descendre aux heures de sortie, alors qu'il n'en est pas de même pour monter aux heures d'entrée. Ainsi, dans ce cas, la pointe que devront supporter les appareils est plus importante à l'entrée qu'à la sortie.

Pour ces raisons, le calcul de trafic repose sur les conditions du trafic divergent au moment de la pointe de montée.

On constate que l'entrée du personnel obéit à la loi des hasards de Gauss. Toutes les mesures effectuées sur des installations de types divers donnent des résultats de courbes affectant l'allure classique de la courbe « en cloche » (fig. 130).

Dans le cas, de plus en plus fréquent, de sociétés diverses dont les entrées sont échelonnées, la courbe présente une succession de « cloches » correspondant chacune à une heure d'entrée. Le front de ces courbes est plus ou moins raide suivant la qualité de l'immeuble. Il peut même parfois (banques,

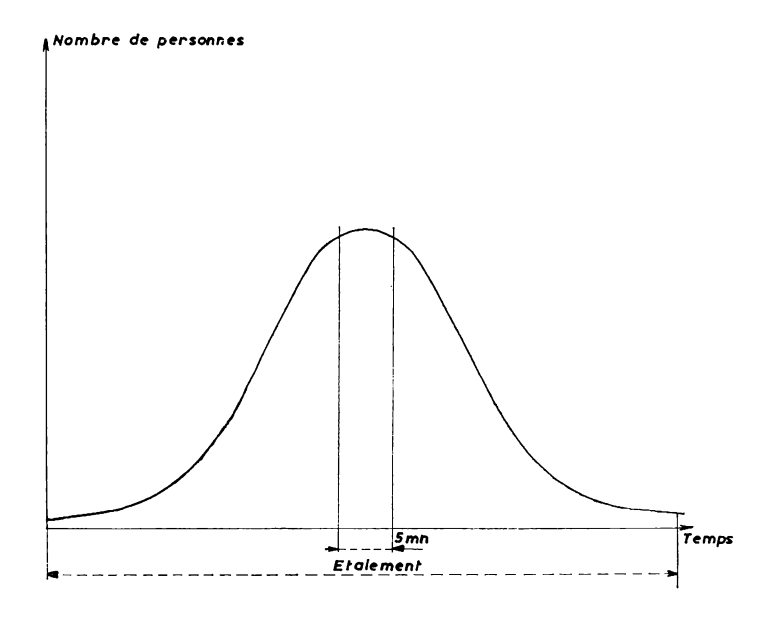


FIG. 130. — *Courbe en cloche des hasards de la loi de Gaux.*

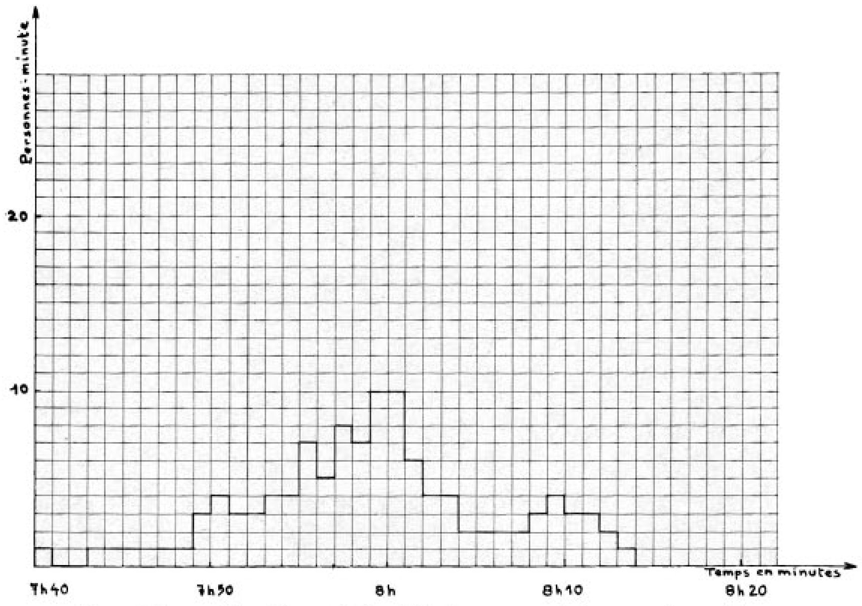


FIG. 131. — *Graphique de l'entrée du personnel dans un immeuble à société unique. Horaire d'entrée : 8 h.*

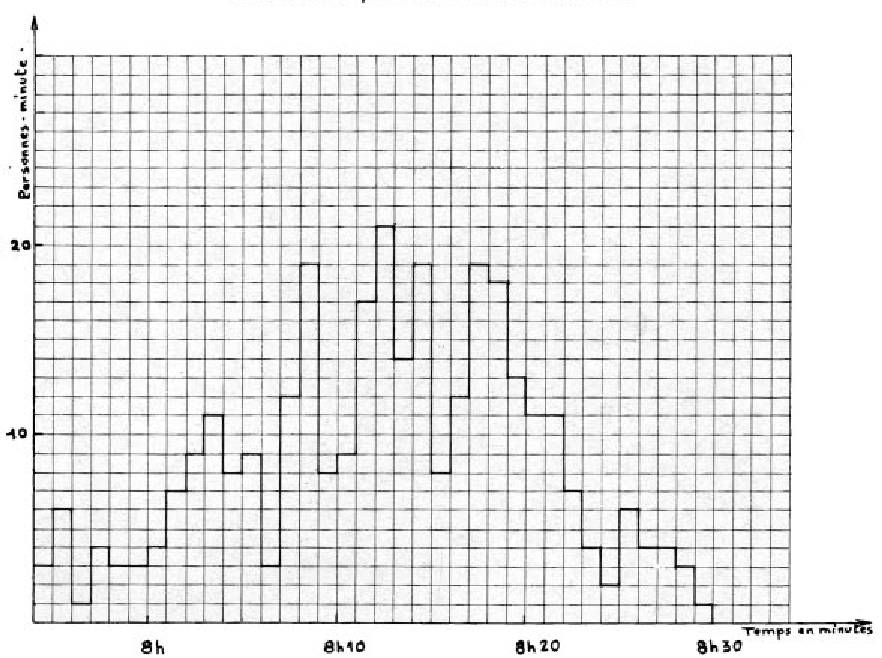


FIG. 132. — *Graphique de l'entrée du personnel dans un immeuble à sociétés multiples. La pointe d'entrée est, toutes choses égales, plus étalée et moins aigue. Horaire d'entrée : 8 h 10.*

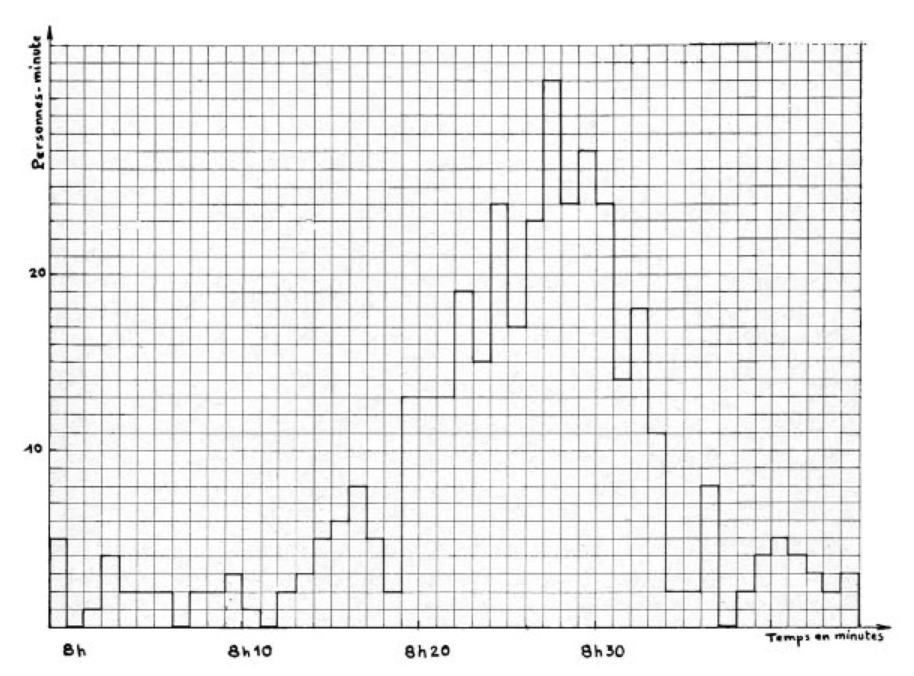


FIG. 133. — *Graphique d'entrée du personnel dans un immeuble à société unique (banque). Horaire d'entrée : 8 h 30.*

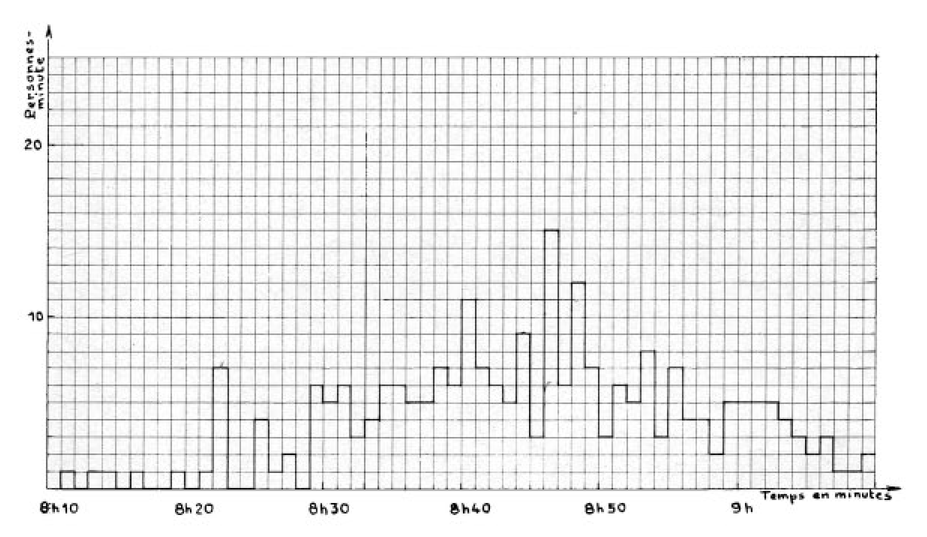


FIG. 134. — *Graphique d'entrée du personnel dans un immeuble d'administration de l'État (grande majorité de directeurs et chefs de service). Horaire d'entrée : 8 h 30.*

sociétés d'assurances, ...) présenter un échelon vertical lorsque l'entrée s'effectue à l'ouverture de la porte. Une agglomération de personnes s'est déjà constituée dont il faudra tenir compte.

Sur les graphiques des figures 131 à 134 est représenté le nombre de personnes arrivant dans des intervalles d'une minute. L'enveloppe de la courbe ressemble à celle de la loi de Gauss, mais alors que l'équation de celle-ci est de la forme :

$$y = e^{-x^2}$$

il semble que la loi d'arrivée des personnes s'exprimerait plutôt par une relation telle que :

$$y = e^{-x^3}$$

Les régions de la courbe situées avant et après le maximum ont une pente plus importante que dans l'équation en x^2.

Il n'est pas possible d'établir une formule générale pour tous les cas qui peuvent se présenter. Il est nécessaire d'examiner le problème du trafic sous un angle empirique. Nous allons donc en poser les fondements d'après des mesures effectuées sur de nombreuses installations.

C. — Débit

On appelle débit, en matière de transport vertical de personnes, le nombre de personnes transportées pendant l'unité de temps. C'est donc le quotient d'un nombre de personnes par le temps passé pour les transporter :

$$D = \frac{P}{t} \qquad (103)$$

D : étant le débit en personnes par seconde;

P : le nombre de personnes transportées;

t : le temps en secondes.

Le débit doit être considéré sous deux aspects :

— un aspect quantitatif qui nous permettra d'établir le nombre de passagers à transporter;

— un aspect qualitatif qui établira les conditions dans lesquelles le transport sera assuré.

Comme nous le verrons dans la suite, ces deux notions sont étroitement liées et permettent la détermination complète de la capacité des appareils et de leur nombre.

1. — Aspect quantitatif du débit

L'examen des courbes de mesures citées plus haut permettent d'effectuer les constatations suivantes :

— l'arrivée du personnel a lieu pendant un temps appelé « étalement » qui se situe avant et après l'heure d'entrée. Ce temps est presque toujours le même quel que soit le type de population. Il est de 40 mn environ en France. Le point exact de l'heure d'entrée se situe au milieu de la courbe;

— la pente de la courbe, avant l'heure exacte, est plus ou moins raide (ce qui nous a empêché d'établir une équation générale);

— les 80 % du personnel d'une société entrent en un temps variant entre 15 et 20 mn. La plus forte densité se situe évidemment dans cet intervalle.

Ces diverses considérations expliquent que le calcul du trafic soit basé sur les cinq minutes où il est le plus intense car, aux limites de ce temps, on remarquera, sur les graphiques, que la pente est abrupte. Les relevés effectués sur de nombreuses installations de la Région parisienne (applicables dans les grandes villes) établissent que le débit en cinq minutes intéresse :

— 7,5 % de la population pour les immeubles d'habitation (cette valeur peut être augmentée du fait de la proximité d'un groupe scolaire);

— 17 % de la population des immeubles à plusieurs sociétés;

— 20 % de la population pour les administrations publiques;

— 25 à 35 % de la population pour les immeubles à société unique.

2. — Aspect qualitatif du débit

C'est ici le point crucial du problème, car cet aspect qualitatif, qui repose exclusivement sur des notions subjectives, va en fin de compte être le plus souvent l'élément déterminant. Nous verrons cependant, en particulier dans les immeubles de grande hauteur, que cette valeur empirique se subordonne, par la force des choses, à des questions d'ordre essentiellement pratique, économique et technique.

La qualité d'un trafic se détermine d'après le temps moyen d'attente que l'on admet.

Le temps d'attente réel peut varier entre deux valeurs extrêmes :

— *temps d'attente nul :* l'usager pénètre dans l'appareil au moment où la porte se ferme;

— *temps maximum d'attente* (que nous appellerons T_{ar}, temps aller-retour) : l'usager arrive au moment où l'appareil quitte l'étage.

Au sens du D.T.U., le temps d'attente maximum probable est le quotient de T_{ar} par le nombre d'appareils.

Cependant, en ce qui concerne la qualité du service, nous préférons

prendre le temps d'attente moyen probable T_m car, pour l'usager habitué d'une installation (c'est le cas du personnel des sociétés) l'impression générale ressort d'une moyenne. En dehors des heures de pointe, le temps d'attente est en moyenne inférieur à la valeur choisie de Tm.

Le temps d'attente moyen probable T_m est évidemment la moitié de T_{ar}, ce qui ressort de l'équation de la moyenne des temps d'attente entre un temps nul et T_{ar} :

$$T_m = \frac{1}{T_{ar}} \int_0^{T_{ar}} tdt = \frac{T_{ar}}{2} \qquad (104)$$

Donc, pour un seul appareil, le temps moyen d'attente T_m est :

$$T_m = \frac{T_{ar}}{2} \qquad (105)$$

T_{ar} et T_m étant exprimés en secondes.

Les observations faites sur les usagers ont permis, d'après leur comportement et leurs réflexions, de définir la qualité d'après les critères suivants :

— temps d'attente moyen de 15 s = service excellent.
— temps d'attente moyen de 30 s = service normal.
— temps d'attente moyen de 45 s = service médiocre.
— temps d'attente moyen supérieur à 45 s = service mauvais.

Au-delà d'un temps d'attente maximum probable de 90 s ($T_m = 45$ s l'impatience des usagers commence à se manifester.

Après avoir examiné ces deux aspects du trafic et avoir ainsi les éléments qui permettent de poser le problème, d'autres valeurs sont nécessaires pour le résoudre.

DONNÉES NÉCESSAIRES POUR LE CALCUL

Le type d'immeuble et de population ayant permis de juger le débit du point de vue quantitatif et qualitatif et de choisir le type de manœuvre, les autres données à considérer sont les suivantes :

• *la course de l'appareil et la distance entre niveaux;* la course est évidemment l'un des éléments du facteur temps dans le calcul de T_{ar} : elle permet l'appréciation de la vitesse à adopter, la distance entre niveaux en limitant la valeur pour les immeubles de peu d'étages;

• *le nombre et la désignation des niveaux;* ce nombre entre dans le calcul des arrêts probables (que nous allons étudier dans ce qui suit) et, par conséquent, dans celui du temps d'attente maximum probable ou dans la détermination de la répartition de la spécialisation des appareils et de leur nombre.

Il est indispensable de tenir compte du type même de chaque niveau. Les sous-sol, par exemple, qui la plupart du temps étaient affectés aux caves, celliers, stockages de tous genres, etc., et pouvaient être négligés, sont souvent actuellement occupés par des garages où une partie du trafic peut trouver son origine. Ils devront alors intervenir dans le calcul;

• *l'importance et la répartition de la population;* l'importance de la population entre dans le calcul du débit. En ce qui concerne les immeubles à usage d'habitation, le D.T.U. donne les bases que nous avons rappelées plus haut (chap. V, parag. II).

Pour les immeubles à usage de bureaux, s'il s'agit d'une société unique le nombre de personnes est connu avec exactitude mais, par contre, si l'immeuble est destiné à la vente, une approximation seule pourra être faite. Il en est de même pour les hôtels ou les hôpitaux.

On pourra pour ces évaluations se référer aux chiffres suivants :

bureaux : 1 personne par 10 m^2 de surface totale par niveau,

hôpitaux : 2 à 4 personnes par lit (personnel et visiteurs compris),

hôtels : 2 personnes par chambre.

La répartition connue ou présumée des personnes dans les étages intéresse également le nombre d'arrêts probables. Elle peut être très différente suivant les niveaux. C'est ainsi que le genre de personnes (direction ou employés) peut influer sur le calcul des arrêts probables et provoquer des arrêts sûrs;

• *la nature du trafic :* il peut s'agir d'un trafic donnant priorité à certaine-ersonnes ou spécialisant certains niveaux.

D. — Établissement de l'équation générale du débit

La définition donnée précédemment du débit $D = \frac{P}{t}$ appliquée à un ascenseur devient :

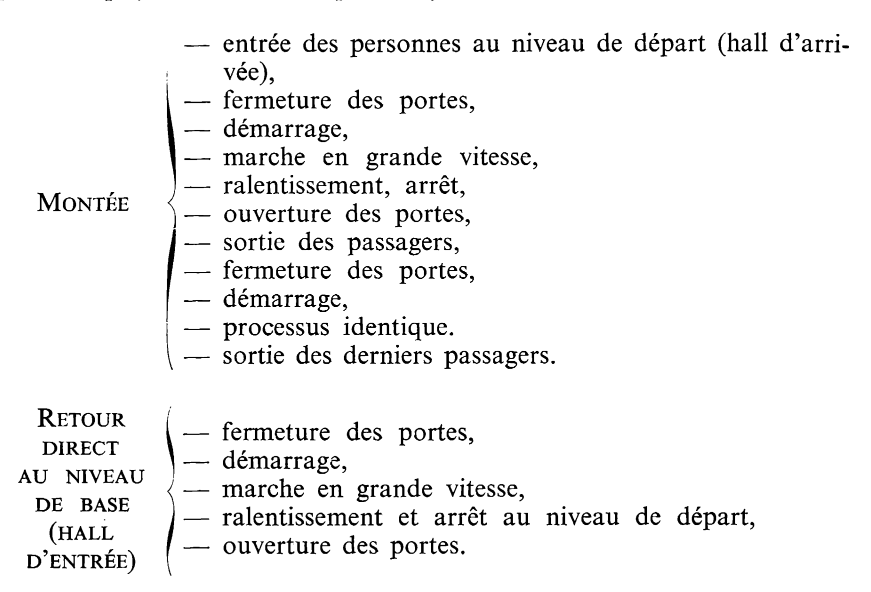
$$D = \frac{P_c}{T_{ar}} \qquad (106)$$

D étant le nombre en personnes/seconde;
P_c le nombre de personnes en cabine;
T_{ar} le temps maximum probable pour effectuer un aller-retour en secondes.

Ainsi, T_{ar} est la valeur qui caractérise l'appareil. On a vu qu'elle en exprime la qualité.

1. — Calcul de T_{ar}

Le transport vertical, en trafic divergent montée (entrée de personnel par exemple) est caractérisé par le cycle suivant :



MONTÉE
- — entrée des personnes au niveau de départ (hall d'arrivée),
- — fermeture des portes,
- — démarrage,
- — marche en grande vitesse,
- — ralentissement, arrêt,
- — ouverture des portes,
- — sortie des passagers,
- — fermeture des portes,
- — démarrage,
- — processus identique.
- — sortie des derniers passagers.

RETOUR DIRECT AU NIVEAU DE BASE (HALL D'ENTRÉE)
- — fermeture des portes,
- — démarrage,
- — marche en grande vitesse,
- — ralentissement et arrêt au niveau de départ,
- — ouverture des portes.

Nous considérons par conséquent une manœuvre automatique qui dessert le niveau le plus élevé pour lequel une demande a été enregistrée en cabine et ramène l'appareil à son point d'origine.

Le T_{ar}, temps maximum probable pour un aller-retour ou cycle de l'appareil est la somme des temps élémentaires ci-après :

— t_1 *temps de la course totale*, l'appareil se déplaçant à pleine vitesse du point de départ (vitesse atteinte en un échelon instantané) au même point de départ (vitesse nulle en un échelon instantané), sans arrêt pour effectuer l'inversion du sens de marche;

— t_2 *temps perdu* pendant les accélérations et les ralentissements auxquels sera soumis l'appareil pendant un aller-retour;

— t_3 *temps d'ouverture et de fermeture des portes;*

— t_4 *temps d'entrée et de sortie* des passagers;

— *le temps de réponse* de l'appareillage électrique à une commande sera cumulé avec le temps de fermeture des portes.

2. — Évaluation de t_1, temps de la course totale aller-retour

On prendra une valeur de t_1 correspondant à la course totale et non à la course probable, celle-ci étant voisine de celle-là. Nous verrons d'ailleurs que, d'après les résultats, cette incidence est négligeable.

Soit H la hauteur de course maximum (du niveau principal au dernier niveau supérieur) en mètres et V la vitesse nominale de l'appareil en m/s :

$$t_1 = \frac{2H}{V} \tag{107}$$

3. — Évaluation de t_2, temps perdu pendant démarrages et freinages

Nous admettrons que les valeurs d'accélération et de ralentissement sont égales. t_2 est la somme des différences entre le temps t_D mis pour démarrer (ou freiner) et le temps t_v mis pour effectuer la distance de démarrage (ou de freinage) en grande vitesse :

$$t_2 = \Sigma \ (t_D - t_v)$$

or :

$$t_D = \frac{V}{\gamma}$$

et :

$$t_v = \frac{e_D}{V} = \frac{\frac{V^2}{2\gamma}}{V} = \frac{V}{2\gamma}$$

$$t_2 = \Sigma \left(\frac{V}{\gamma} - \frac{V}{2\gamma}\right) = \Sigma \left(\frac{V}{2\gamma}\right)$$

Le temps $\frac{V}{2\gamma}$ se produit au démarrage et au freinage, puisque nous avons admis que les accélérations positive et négative étaient égales en valeur absolue.

Or, pour chaque aller-retour, nous avons $A_p + 1$ démarrages et freinages, A_p étant le nombre d'arrêts probables. Nous avons donc :

$$t_2 = 2\,(A_p + 1)\frac{V}{2\gamma} = \frac{V}{\gamma}(A_p + 1) \tag{108}$$

4. — Évaluation de t_3, somme totale des temps d'ouverture et de fermeture des portes

Les temps d'ouverture et de fermeture dépendent du type de porte et peuvent varier dans une large mesure, du simple au double. Dans le tableau ci-contre, nous donnons des valeurs moyennes. Les valeurs des différents constructeurs sont sensiblement celles-ci car la vitesse de la porte est conditionnée par l'énergie dont elle doit être le siège, énergie limitée on l'a vu

par la norme NF P 82 201. Les poids des portes sont assez voisins car ces dernières doivent satisfaire à des conditions de rigidité et d'indéformabilité imposées :

$$t_3 = k_1 \ (A_p + 1) \qquad (109)$$

k_1 étant la somme des temps d'ouverture et fermeture donnés par le tableau;

t_3 étant exprimé en seconde.

5. — Évaluation de t_4, somme totale des temps d'entrée et de sortie des usagers

Les temps d'entrée et de sortie des usagers varient également suivant le type de porte. Ils tiennent compte en particulier du fait que lorsque l'appareil est équipé de portes larges, les passagers peuvent sortir par deux à la fois, mais k_2 ne se rapporte qu'à un seul passager.

Si donc, P_c est la charge nominale de la cabine en nombre de personnes, nous aurons :

$$t_4 = k_2 \ P_c \qquad (110)$$

t_4 étant exprimé en secondes.

L'équation générale du débit sera donc :

$$T_{ar} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$$

Et, en reportant les valeurs respectives des temps partiels (107) (108) (109) (110) :

$$T_{ar} = \frac{2H}{V} + \frac{V}{\gamma} (A_p + 1) + k_1 \ (A_p + 1) + k_2 \ P_c$$

ou :

$$\boxed{T_{ar} = \frac{2H}{V} + \left(\frac{V}{\gamma} + k_1\right) (A_p + 1) + k_2 P_c} \qquad (111)$$

formule où :

T_{ar} : est le temps maximum probable pour effectuer un aller-retour en seconde;

H : la hauteur de la course en m;

V : la vitesse nominale de l'appareil en m/s (*vitesse maxi de 2 m/s*);

γ : l'accélération ou décélération en m/s^2;

A_p : le nombre d'arrêts probables;

k_1 : le temps d'ouverture et de fermeture des portes en secondes;

Type de porte	k_1 *en secondes*	k_2 *en secondes*
Porte battante semi-automatique (ouverture manuelle, fermeture automatique).		
Passage libre de 0,70 m	4,7	2,6
Porte coulissante automatique à ouverture centrale.		
Passage libre de 0,70 m	4	3
— 1 m	5,5	2,8
— 1,20 m	6,7	1,6
Porte télescopique automatique à ouverture centrale.		
Passage libre de 1 m	4,5	2,8
— 1,40 m	7,5	1,5
Porte télescopique automatique à ouverture latérale.		
Passage libre de 0,70 m	5	3,5
— 1 m	7,5	3,2
— 1,20 m	9	2

k_2 : le temps d'entrée et de sortie en secondes;

P_c : la charge nominale de la cabine en personnes.

Cette équation est valable pour des vitesses telles que la vitesse nominale de l'appareil puisse être atteinte entre deux arrêts successifs. On pourra, sans risque sensible d'erreur, l'appliquer jusqu'à 2 m/s. Au-dessus de cette valeur, cette expression de T_{ar} est défavorable puisque dans le calcul du temps perdu pendant les accélérations et freinages nous avons admis que la vitesse nominale était atteinte. Nous ferons alors intervenir une nouvelle notion : celle de « bond probable ».

E. — Équation pour vitesses supérieures à 2 m/s

Le bond probable (distance entre deux arrêts successifs en mètres) sera, par définition, le rapport de la hauteur de la course au nombre A_p d'arrêts probables :

$$B_p = \frac{H}{A_p} \tag{112}$$

Pendant le trafic divergent montée qui a servi jusqu'à présent de base pour le calcul de T_{ar}, nous avions considéré que pendant l'aller, la cabine atteignait la vitesse nominale à chaque bond. Pour les vitesses supérieures à 2 m/s il peut arriver que souvent la vitesse maxima ne soit pas atteinte. Il convient donc de calculer la vitesse moyenne pour la montée, le retour pouvant dans tous les cas s'effectuer en grande vitesse puisque aucun arrêt intermédiaire n'intervient.

Lorsque l'appareil n'atteint pas sa vitesse nominale, il passe après accélération par un maximum de vitesse et ralentit ensuite suivant le diagramme de la figure 135.

La distance de démarrage e_D est égale à la distance de freinage e_F et toutes deux ont pour valeur (50) :

$$e_D = e_F = \frac{V_{max}^2}{2\gamma}$$

V_{max} : étant la vitesse maxima atteinte pendant le bond en m/s;
γ : l'accélération ou décélération en m/s²;
e_D et e_F : étant exprimés en mètres.

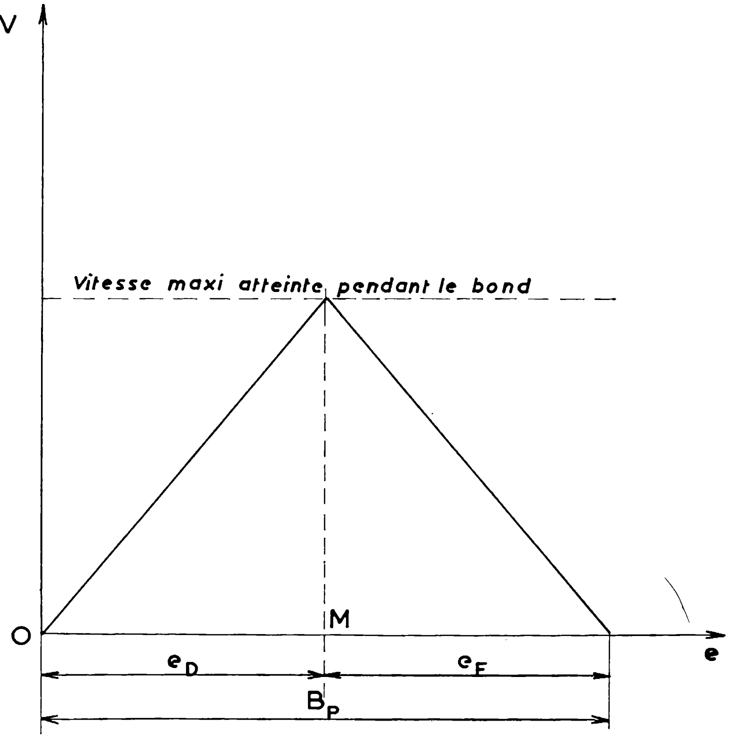


FIG. 135. — *Diagramme vitesse/espace du bond probable.*

On peut donc écrire :

$$B_p = e_D + e_F = \frac{V_{max}^2}{\gamma} \tag{114}$$

et :

$$V_{max} = \sqrt{B_p \gamma} \tag{115}$$

La vitesse moyenne est la moitié de la vitesse maxima atteinte et d'après (112) :

$$V_m = \frac{V_{max}}{2} = \frac{\sqrt{B_p \gamma}}{2} = \frac{\sqrt{\frac{H}{A_p}\gamma}}{2} \tag{116}$$

La course montée est alors faite dans un temps θ_1 tel que d'après (38) :

$$\theta_1 = \frac{H}{V_m} = \frac{2H}{\sqrt{\frac{H}{A_p}\gamma}} \tag{117}$$

θ_1 tient compte des temps d'accélération et de freinage.

La course en descente sera effectuée en un temps θ_2 tel que $\theta_2 = \frac{H}{V}$ moins le temps perdu pendant une accélération et un freinage soit égal à :

$$\theta_2 = \frac{H}{V} - \frac{V}{\gamma} \tag{118}$$

Les temps θ_1 et θ_2 correspondent à la somme de t_1 et t_2 de l'équation précédente.

On peut donc écrire :

$$\boxed{T_{ar} = \frac{2H}{\sqrt{\frac{H}{A_p}\gamma}} + \frac{H}{V} - \frac{V}{\gamma} + k_1 (A_p + 1) + k_2 P_c} \tag{119}$$

Remarque.

1. — La vitesse de 2,50 m/s est à peine atteinte dans les immeubles où le nombre de niveaux et la hauteur de course justifient son adoption. Il faut en effet au minimum, avec $\gamma = 1$ m/s² une distance d telle que :

$$d = \frac{V^2}{2\gamma} = \frac{6{,}25}{2} \text{ m}$$

pour démarrer et autant pour freiner, soit un espace de 6,25 m, soit un peu plus de trois étages consécutifs. Or, d'après le tableau des A_p (fig. 136) on voit que pour trente niveaux et vingt personnes le nombre d'A_p est voisin de 15 (donc un arrêt tous les deux niveaux en moyenne).

La vitesse de 3 m/s n'est alors jamais atteinte pendant le trafic divergent montée.

2. — Le premier terme du second membre de cette équation est bien homogène à un temps.

$$\frac{2H}{\sqrt{\frac{H}{A_p}\gamma}} = \frac{L}{\sqrt{L \cdot LS^{-2}}} = S$$

F. — Évaluation de A_p nombre d'arrêts probables

Un calcul simple de probabilités permet l'évaluation du nombre probable d'arrêts pendant la course en montée du trafic divergent d'entrée du personnel. On voit immédiatement que A_p est indépendant du sens du trafic. En effet, le nombre d'arrêts est provoqué, en montée par le nombre d'envois en cabine, en descente par le nombre d'appels paliers. Les deux subissent la même loi des hasards.

Dans une cabine ou sur les paliers se trouvent alors des groupes de personnes appartenant aux mêmes niveaux. Pour fixer les idées, on aura, par exemple, dans une cabine de vingt personnes, dans une installation de RC + 15 étages :

- un groupe de 3 personnes du 2e étage;
- un groupe de 2 personnes du 3e étage;
- un groupe de 5 personnes du 5e étage;
- un groupe de 1 personne du 6e étage;
- un groupe de 6 personnes du 9e étage;
- un groupe de 2 personnes du 11e étage;
- un groupe de 1 personne du 14e étage.

Dans cet exemple, le cabine s'arrêtera sept fois. Nous pouvons donc écrire :

A_p : nombre d'arrêts probables = nombre de groupes en cabine (120)
ou A_p : nombre d'arrêts probables = nombre de groupes sur les paliers

Or, le nombre de groupes en cabine est évidemment égal au nombre de niveaux N moins le nombre de groupes qui ne sont pas en cabine :

Nombre de groupes en cabine = N — nombre de groupes non en cabine

Mais le nombre de groupes qui ne sont pas en cabine est égal à la somme des probabilités pour que chaque groupe n'y soit pas. Donc :

Nombre de groupes en cabine = N — somme des probabilités pour que chaque groupe n'y soit pas (121)

Chaque groupe étant composé de personnes d'un même niveau, l'absence d'un groupe est caractérisée par l'absence de personne du niveau correspondant.

Or, la probabilité pour qu'une personne du premier niveau au-dessus du rez-de-chaussée comprenant P_1 sur une population totale de P personnes soit dans la cabine, est égale à $\frac{P_1}{P}$ (s'il y a 400 personnes dans l'immeuble au-dessus du rez-de-chaussée et 80 personnes au premier étage, la probabilité pour qu'une personne de cet étage soit dans la cabine est $\frac{80}{400} = 0{,}05$. On sait que la probabilité maxima est 1 par définition).

De même, la probabilité pour qu'une personne du 2[e] niveau au-dessus du rez-de-chaussée soit dans la cabine est $\frac{P_2}{P}$; la probabilité pour qu'une personne du 3[e] niveau soit dans la cabine est $\frac{P_3}{P}$; la probabilité pour qu'une personne du N[e] niveau soit dans la cabine est $\frac{P_N}{P}$.

Or, dans la dernière égalité ci-dessus, c'est l'absence de groupe qui nous intéresse. On sait que la somme des probabilités de deux événements contraires est égale à l'unité.

Ainsi, la probabilité pour qu'une personne du 1[er] niveau au-dessus du rez-de-chaussée ne soit pas dans la cabine est $1 - \frac{P_1}{P}$; la probabilité pour qu'une personne du 2[e] niveau n'y soit pas est $1 - \frac{P_2}{P}$; la probabilité pour qu'une personne du N[e] niveau n'y soit pas est $1 - \frac{P_N}{P}$.

Si la cabine peut contenir P_c personnes, la probabilité composée pour qu'il n'y ait pas de personne du niveau 1 sera :

$$\left(1 - \frac{P_1}{P}\right)^{P_c}$$

pour le niveau 2 :

$$\left(1 - \frac{P_2}{P}\right)^{P_c}$$

pour le niveau N :

$$\left(1 - \frac{P_N}{P}\right)^{P_c}$$

Nous pouvons donc écrire, en substituant ces valeurs dans l'égalité précédente (121) :

N \ Pc	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5	2,95	3,36	3,69	3,95	4,16	4,33	4,46	4,57	4,66	4,72	4,78	4,82	4,86	4,89	4,91	4,93	4,94
6	3,07	3,55	3,93	4,26	4,53	4,75	4,94	5,10	5,24	5,35	5,45	5,52	5,60	5,66	5,70	5,75	5,78
7	3,19	3,74	4,17	4,56	4,89	5,17	5,42	5,63	5,82	5,97	6,11	6,22	6,33	6,42	6,49	6,56	6,62
8	3,31	3,92	4,41	4,86	5,25	5,59	5,90	6,16	6,39	6,59	6,77	6,92	7,06	7,18	7,28	7,37	7,45
9	3,37	4,00	4,54	5,03	5,46	5,84	6,19	6,49	6,76	7,00	7,22	7,41	7,58	7,73	7,87	7,99	8,09
10	3,43	4,08	4,67	5,20	5,67	6,09	6,48	6,82	7,13	7,41	7,67	7,89	8,10	8,28	8,45	8,60	8,73
11	3,49	4,17	4,80	5,36	5,87	6,34	6,76	7,15	7,50	7,82	8,11	8,37	8,61	8,83	9,03	9,21	9,37
12	3,53	4,24	4,88	5,48	6,02	6,51	6,96	7,45	7,77	8,11	8,44	8,73	9,00	9,25	9,47	9,68	9,87
13	3,57	4,31	4,96	5,59	6,16	6,68	7,16	7,75	8,03	8,40	8,77	9,09	9,38	9,66	9,91	10,15	10,37
14	3,61	4,37	5,05	5,70	6,30	6,85	7,36	7,84	8,29	8,69	9,09	9,44	9,76	10,07	10,35	10,61	10,86
15	3,63	4,40	5,10	5,77	6,42	6,96	7,49	8,00	8,47	8,89	9,31	9,69	10,03	10,37	10,67	10,96	11,23
16	3,65	4,43	5,15	5,84	6,53	7,06	7,62	8,15	8,64	9,09	9,53	9,93	10,30	10,66	10,99	11,30	11,60
17	3,67	4,45	5,20	5,90	6,64	7,16	7,75	8,30	8,81	9,28	9,74	10,17	10,57	10,95	11,30	11,64	11,97
18	3,69	4,47	5,23	5,95	6,68	7,24	7,84	8,41	8,94	9,44	9,91	10,36	10,78	11,18	11,56	11,92	12,26
19	3,71	4,49	5,26	6,00	6,71	7,32	7,93	8,52	9,07	9,59	10,08	10,55	10,99	11,41	11,81	12,19	12,55
20	3,72	4,52	5,30	6,04	6,74	7,40	8,02	8,62	9,20	9,74	10,24	10,74	11,20	11,64	12,06	12,46	12,84
21	3,74	4,56	5,35	6,10	6,81	7,49	8,13	8,75	9,33	9,89	10,41	10,93	11,40	11,86	12,30	12,72	13,11
22	3,76	4,60	5,40	6,16	6,88	7,58	8,23	8,87	9,46	10,04	10,58	11,11	11,60	12,08	12,53	12,97	13,38
23	3,79	4,65	5,45	6,21	6,95	7,66	8,33	8,99	9,59	10,19	10,74	11,29	11,80	12,30	12,76	13,22	13,64
24	3,80	4,66	5,47	6,25	7,00	7,72	8,40	9,07	9,66	10,30	10,86	11,43	11,95	12,47	12,94	13,42	13,85
25	3,81	4,67	5,49	6,29	7,05	7,78	8,47	9,15	9,72	10,40	10,98	11,57	12,10	12,63	13,12	13,62	14,06
26	3,82	4,68	5,51	6,32	7,10	7,83	8,53	9,23	9,78	10,50	11,10	11,70	12,25	12,79	13,29	13,81	14,27
27	3,86	4,70	5,53	6,36	7,14	7,88	8,59	9,30	9,89	10,59	11,21	11,82	12,38	12,93	13,44	13,97	14,45
28	3,90	4,72	5,56	6,39	7,18	7,93	8,65	9,36	10,00	10,68	11,32	11,93	12,51	13,07	13,59	14,13	14,65
29	3,94	4,74	5,58	6,42	7,22	7,97	8,71	9,42	10,10	10,77	11,42	12,04	12,63	13,21	13,74	14,28	14,80
30	3,97	4,77	5,61	6,45	7,26	8,01	8,76	9,48	10,20	10,86	11,52	12,15	12,75	13,35	13,89	14,43	14,97

FIG. 136. — *Nombre d'arrêts probables Ap pour une charge des personnes en cabine Pc de 4 à 20 personnes et un nombre N de niveaux au-dessus du rez-de-chaussée de 5 à 30 niveaux.*

Nombre de groupes en cabine :

$$N - \left[\left(1 - \frac{P_1}{P}\right)^{P_c} + \left(1 - \frac{P_2}{P}\right)^{P_c} + \ldots + \left(1 - \frac{P_N}{P}\right)^{P_c}\right]$$

et, d'après (120) :

$$A_p = N - \left[\left(1 - \frac{P_1}{P}\right)^{P_c} + \left(1 - \frac{P_2}{P}\right)^{P_c} + \ldots + \left(1 - \frac{P_N}{P}\right)^{P_c}\right] \quad (122)$$

Cette relation devra être appliquée dans tous les cas où les populations des différents niveaux sont *sensiblement différentes.*

Dans le cas particulier ou $P_1 = P_2 = P_3 = \ldots P_N$, la population de chaque niveau est alors $\frac{P}{N}$ (P population au-dessus du niveau principal).

Nous obtenons alors :

$$1 - \frac{P_1}{P} = 1 - \frac{P_2}{P} = \ldots = 1 - \frac{P_N}{P} = 1 - \frac{\frac{P}{N}}{P} = 1 - \frac{1}{N} = \frac{N-1}{N}$$

et :

$$A_p = N - \left[N\left(\frac{N-1}{N}\right)^{P_c}\right]$$

ou :

$$\boxed{A_p = N\left[1 - \left(\frac{N-1}{N}\right)^{P_c}\right]} \quad (123)$$

L'une des deux relations (122) et (123) pourra, suivant le cas, être appliquée.

Le calcul de $\left(\frac{N-1}{N}\right)^{P_c}$ s'effectue par le calcul logarithmique d'après les relations connues :

$$\log\left(\frac{N-1}{N}\right)^{P_c} = P_c \log\frac{N-1}{N} = P_c[\log(N-1) - \log N]$$

Il en est de même des termes $\left(1 - \frac{P_1}{P}\right)^{P_c} \ldots \left(1 - \frac{P_N}{P}\right)^{P_c}$

Le tableau de la figure 136 donne les valeurs de A_P d'après la relation ci-dessus, valable lorsque les populations des différents niveaux sont égales ou au moins sensiblement égales. Ces valeurs sont établies pour des charges de P_c allant jusqu'à 20 personnes et pour 30 niveaux. Ainsi, dans le cas de 24 niveaux et 10 personnes, $A_P = 8{,}40$.

Dans le calcul, A_P doit être pris avec ses décimales bien que le nombre d'arrêts soit entier dans la pratique, car A_P représente une moyenne sur

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,5	0,25	0,125	0,062	0,031	0,015	0,007	0,003	0,002	0,001		
0,51	0,26	0,132	0,067	0,034	0,017	0,008	0,004	0,002	0,001		
0,52	0,27	0,140	0,073	0,038	0,0195	0,010	0,005	0,003	0,001		
0,53	0,28	0,148	0,078	0,041	0,021	0,011	0,006	0,003	0,002		
0,54	0,29	0,157	0,084	0,045	0,0245	0,013	0,007	0,004	0,002	0,001	
0,55	0,30	0,166	0,09	0,05	0,0275	0,015	0,008	0,004	0,002	0,001	
0,56	0,31	0,175	0,096	0,054	0,0306	0,017	0,009	0,005	0,003	0,002	
0,57	0,32	0,185	0,102	0,058	0,0342	0,019	0,010	0,006	0,003	0,002	
0,58	0,33	0,195	0,109	0,063	0,038	0,022	0,012	0,007	0,004	0,002	
0,59	0,34	0,205	0,116	0,068	0,042	0,025	0,013	0,008	0,005	0,003	
0,60	0,36	0,216	0,129	0,076	0,0465	0,028	0,017	0,010	0,006	0,004	
0,61	0,37	0,226	0,137	0,084	0,051	0,031	0,019	0,011	0,007	0,004	
0,62	0,38	0,238	0,144	0,089	0,0565	0,035	0,021	0,013	0,008	0,005	
0,63	0,39	0,250	0,162	0,102	0,0625	0,040	0,026	0,016	0,010	0,006	
0,64	0,41	0,262	0,168	0,107	0,0685	0,044	0,028	0,018	0,011	0,007	
0,65	0,42	0,274	0,176	0,114	0,075	0,049	0,031	0,020	0,013	0,009	
0,66	0,43	0,287	0,184	0,121	0,082	0,054	0,034	0,022	0,015	0,010	
0,67	0,45	0,300	0,203	0,135	0,090	0,060	0,041	0,028	0,018	0,012	
0,68	0,46	0,314	0,212	0,144	0,099	0,067	0,045	0,031	0,021	0,014	
0,69	0,47	0,328	0,221	0,153	0,108	0,074	0,049	0,034	0,023	0,016	
0,70	0,49	0,343	0,24	0,168	0,118	0,082	0,051	0,04	0,03	0,021	0,014
0,71	0,504	0,357	0,253	0,180	0,127	0,090	0,064	0,045	0,032	0,023	0,016
0,72	0,518	0,373	0,269	0,193	0,139	0,100	0,072	0,052	0,037	0,027	0,019
0,73	0,532	0,389	0,282	0,207	0,162	0,109	0,079	0,058	0,042	0,033	0,026
0,74	0,547	0,405	0,300	0,221	0,174	0,121	0,090	0,067	0,050	0,038	0,030
0,75	0,562	0,421	0,315	0,236	0,187	0,133	0,099	0,074	0,055	0,044	0,035
0,76	0,577	0,438	0,331	0,252	0,192	0,145	0,110	0,084	0,064	0,048	0,037
0,77	0,592	0,456	0,350	0,270	0,208	0,160	0,123	0,095	0,073	0,056	0,043
0,78	0,608	0,474	0,370	0,286	0,224	0,175	0,137	0,107	0,084	0,064	0,05
0,79	0,624	0,493	0,388	0,307	0,243	0,192	0,151	0,119	0,094	0,075	0,059

FIG. 137. — *Tableau des puissances 2 à 12 des nombres de* 0,5 *à* 0,79.

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	18	20
0,80	0,640	0,512	0,410	0,327	0,262	0,210	0,168	0,134	0,107	0,085	0,068								
0,81	0,656	0,531	0,430	0,348	0,282	0,229	0,185	0,148	0,117	0,093	0,074	0,059	0,047	0,038					
0,82	0,672	0,551	0,452	0,370	0,304	0,249	0,204	0,167	0,137	0,114	0,092	0,075	0,062	0,051	0,042	0,034	0,028	0,023	0,019
0,83	0,688	0,571	0,473	0,393	0,326	0,270	0,224	0,186	0,155	0,129	0,107	0,089	0,074	0,061	0,051	0,042	0,035	0,029	0,024
0,84	0,705	0,592	0,497	0,417	0,349	0,294	0,247	0,207	0,174	0,146	0,120	0,100	0,086	0,072	0,061	0,051	0,043	0,036	0,030
0,85	0,722	0,614	0,520	0,443	0,377	0,319	0,270	0,230	0,195	0,166	0,141	0,120	0,102	0,087	0,074	0,063	0,053	0,045	0,038
0,86	0,739	0,636	0,545	0,469	0,404	0,346	0,297	0,247	0,212	0,182	0,156	0,134	0,115	0,099	0,085	0,073	0,063	0,054	0,047
0,87	0,756	0,658	0,570	0,497	0,433	0,374	0,325	0,283	0,246	0,214	0,186	0,162	0,141	0,123	0,107	0,093	0,081	0,070	0,061
0,88	0,774	0,681	0,599	0,527	0,465	0,408	0,358	0,315	0,277	0,243	0,214	0,188	0,166	0,146	0,128	0,113	0,099	0,087	0,077
0,89	0,792	0,704	0,627	0,557	0,495	0,441	0,392	0,348	0,310	0,276	0,246	0,219	0,195	0,173	0,154	0,137	0,122	0,109	0,097
0,90	0,810	0,729	0,655	0,580	0,522	0,470	0,423	0,382	0,335	0,302	0,272	0,245	0,221	0,199	0,178	0,160	0,156	0,141	0,112
0,91	0,828	0,753	0,685	0,623	0,566	0,515	0,470	0,427	0,388	0,353	0,320	0,291	0,265	0,241	0,220	0,200	0,182	0,165	0,161
0,92	0,846	0,778	0,715	0,657	0,605	0,556	0,510	0,469	0,430	0,395	0,366	0,337	0,310	0,285	0,260	0,239	0,220	0,202	0,185
0,93	0,864	0,804	0,745	0,693	0,643	0,598	0,555	0,516	0,480	0,447	0,415	0,385	0,357	0,331	0,310	0,288	0,266	0,247	0,230
0,94	0,883	0,830	0,780	0,735	0,690	0,647	0,608	0,574	0,540	0,507	0,478	0,450	0,420	0,394	0,370	0,348	0,329	0,309	0,292
0,95	0,902	0,857	0,815	0,773	0,732	0,697	0,662	0,630	0,598	0,567	0,536	0,518	0,486	0,462	0,437	0,414	0,395	0,375	0,357
0,96	0,921	0,884	0,850	0,813	0,780	0,750	0,720	0,692	0,660	0,632	0,610	0,585	0,563	0,542	0,520	0,499	0,477	0,467	0,435
0,97	0,940	0,912	0,880	0,856	0,830	0,803	0,771	0,754	0,730	0,710	0,690	0,670	0,642	0,623	0,600	0,582	0,570	0,553	0,532
0,98	0,960	0,941	0,920	0,903	0,885	0,866	0,845	0,830	0,815	0,798	0,780	0,764	0,750	0,735	0,710	0,695	0,690	0,675	0,662
0,99	0,980	0,970	0,960	0,950	0,940	0,931	0,920	0,912	0,903	0,894	0,883	0,874	0,865	0,856	0,845	0,836	0,830	0,822	0,815

FIG. 138. — *Tableau des puissances de 2 à 20 des nombres de 0,80 à 0,99.*

un très grand nombre de courses. On sait en effet que les résultats obtenus à partir du calcul de probabilités ne sont valables que si l'on considère un très grand nombre d'événements. Un contrôle effectué à titre d'exemple sur cent voyages n'aurait aucune signification ou tout au plus représenterait seulement une grossière approximation.

D'après ce tableau, on constate :

— que la valeur relative, par rapport au nombre de personnes, du nombre probable d'arrêts, croît en raison inverse de P_c pour un nombre donné de niveaux. A la limite, c'est-à-dire, lorsque $P_c = 1$, on a également $A_P = 1$; la probabilité est maxima;

— que le nombre probable d'arrêts croît avec le nombre de niveaux pour une charge en cabine P_c donnée. Cette croissance est d'autant plus rapide que P_c est grand. Pour 4 personnes on passe de 2,95 à 3,97 arrêts probables, pour 20 personnes de 4,94 à 14,97.

Les tableaux des figures 137 et 138 donnent le calcul des puissances des nombres de 0,5 à 0,99 pour des charges en cabine de 2 à 20 personnes.

G. — Calcul de P_c charge en cabine

Dans la pratique courante, nous n'aurons pas (sauf dans les cas particuliers où le nombre de personnes distribuées dans les étages est sensiblement différent par niveau) à calculer au préalable la charge de la cabine. L'examen des abaques qui font l'objet des figures 112 et dont nous étudierons le calcul du tracé nous donnera immédiatement la solution.

Cependant, il sera parfois nécessaire de déterminer P_c pour effectuer l'ensemble des calculs précédents.

Nous avons vu que le débit considéré quantitativement était un nombre de personnes par seconde et, qualitativement, il fait apparaître la notion de temps d'attente moyen de l'usager. Or, le temps d'attente maximum probable est, pour un appareil, compris entre le départ de la cabine du niveau principal et son retour à ce même niveau. Le nombre probable de personnes qui arriveront au niveau principal pendant ce temps sera évidemment :

$$P_c = D \times T_{ar} \qquad (124)$$

Si la cabine de charge possible P_c n'écoule pas dans un temps T_{ar} un nombre de personnes dont le débit d'arrivée est D, une agglomération se produira au niveau principal. Pour qu'il y ait écoulement moyen normal, il faut que :

$$P_c = D\, T_{ar}$$

D'une manière générale, si Δ est le débit total à assurer et n le nombre d'appareils identiques de débit D :

$$\Delta = nD = n\frac{P_c}{T_{ar}} \qquad (125)$$

De ces égalités simples, on peut tirer les conclusions suivantes :

a) Le nombre d'appareils correspondant au rapport du débit Δ à assurer au débit d'un appareil, si ceux-ci sont identiques, est donné par la relation :

$$n = \frac{\Delta}{D} \tag{126}$$

ou :

$$n = \frac{\Delta T_{ar}}{P_c} \tag{127}$$

b) Comme T_m, temps moyen d'attente, est égal (105) à $\frac{T_{ar}}{2}$, le T_m d'une batterie sera :

$$T_m = \frac{T_{ar}}{2n} \tag{128}$$

c) Des relations (125) (127) et (128), on peut déduire :

$$\boxed{P_c = 2T_m \Delta} \tag{129}$$

Cette relation est fondamentale dans le calcul de trafic, car elle indique que P_c, charge nominale de la cabine, est directement liée, d'une part, au débit (valeur physique sûre), d'autre part, au temps d'attente moyen (valeur psychologique pouvant, suivant la qualité exigée, aller du simple au triple).

H. — *Temps d'évacuation*

Ce temps est celui pendant lequel la totalité de la population d'un immeuble peut être évacuée par les ascenseurs.

Il résulte nécessairement d'une première donnée : le débit à assurer en cinq minutes, et d'une simple règle de trois : pour 7,5 % de la population montée en 5 mn, 100 % sera évacuée en $\frac{5}{7,5} \times 100 = 66$ mn.

et, de même :

pour 7,5 % : T = 66 mn
pour 17 % : T = 29 mn
pour 20 % : T = 25 mn
pour 25 % : T = 20 mn
pour 35 % : T = 14 mn

Cependant, lorsque le calcul sera effectué à partir d'une évaluation de T_m, comme certaines valeurs doivent être prises entières (le nombre de cabines par exemple), les chiffres adoptés comme base peuvent subir une petite modification. On pourra donc, batterie déterminée par le calcul ou par les abaques, vérifier la valeur de T_G.

Par définition, on a :

$$T_G = \frac{P}{\Delta} \qquad (130)$$

P : étant la population totale;

Δ : le débit de la batterie.

En introduisant la valeur (125) de Δ et en divisant par 60 pour exprimer T_g en minutes, on obtient :

$$T_G = \frac{P \times T_{ar}}{P_C \times n \times 60} \qquad (131)$$

P : étant le nombre de personnes;

P_c : la charge de la cabine en nombre de personnes;

n : le nombre d'appareils de la batterie;

T_G : le temps d'évacuation en minutes.

T_{ar} : étant exprimé en secondes;

I. — Exemples numériques

Premier exemple : building de société

Dans cet exemple, nous considérons le cas général où le nombre de personnes par étage n'est pas constant. Lorsque la population est également répartie, la détermination des appareils peut se faire par les abaques.

Soit un immeuble occupé par une société unique :

P : population totale au-dessus du rez-de-chaussée = 320 personnes;
H : course de l'appareil du rez-de-chaussée au niveau supérieur = 24 m;
N : nombre de niveaux au-dessus du rez-de-chaussée = 8.

Répartition de la population :

8e	étage	= 10	personnes
7e	—	= 20	—
6e	—	= 60	—
5e	—	= 50	—
4e	—	= 70	—
3e	—	= 40	—
2e	—	= 30	—
1er	—	= 40	—

Les conditions de fonctionnement des appareils sont les suivantes :

— manœuvre collective-sélective;

— vitesse 1,50 m/s;

— temps d'attente moyen d'assez bonne qualité = 30 s.

Une seule société occupant l'immeuble, la valeur relative du débit à assurer sera donc de 30 % environ de la population en 5 mn.

$$\Delta = \frac{320 \times 0{,}30}{5 \times 60} = 0{,}32 \text{ personne/seconde}$$

Ceci nous permet de déterminer P_c, d'après (127) :

$$P_c = 2T_m\Delta = 2 \times 30 \times 0{,}32 = 19{,}2$$

$$P_c = 20 \text{ personnes par excès}$$

(la charge de 19 personnes ne se fait habituellement pas).

La charge offre le choix des portes : automatiques, coulissantes, à ouverture centrale de largeur 1,20 m environ.

D'après le tableau précédent :

$$K_1 = 6{,}7 \text{ s et } K_2 = 1{,}6 \text{ s}$$

a) Calcul du nombre d'arrêts probables d'après (122)

$$A_p = N - \left[\left(1 - \frac{P_1}{P}\right)^{P_c} + \ldots\ldots + \left(1 - \frac{P_N}{P}\right)^{P_c}\right]$$

$$A_p = 8 - \left[\left(1 - \frac{40}{320}\right)^{20} + \left(1 - \frac{30}{320}\right)^{20} + \left(1 - \frac{40}{320}\right)^{20} + \left(1 - \frac{70}{320}\right)^{20} + \left(1 - \frac{50}{320}\right)^{20} + \left(1 - \frac{60}{320}\right)^{20} + \left(1 - \frac{20}{320}\right)^{20} + \left(1 - \frac{10}{320}\right)^{20}\right]$$

$$A_p = 8 - (0{,}87^{20} + 0{,}905^{20} + 0{,}87^{20} + 0{,}782^{20} + 0{,}845^{20} + 0{,}812^{20} + 0{,}935^{20} + 0{,}97^{20})$$

Pour simplifier ces calculs fastidieux, nous avons donné un tableau des puissances de 2 à 20 des nombres compris entre 0,5 et 0,99. On extrapolera pour la 3e décimale (fig. 137 et 138).

$$A_p = 8 - (0{,}061 + 0{,}140 + 0{,}061 + 0{,}006 + 0{,}036 + 0{,}014 + 0{,}26 + 0{,}532) = 8 - 1{,}11 = 6{,}89$$

(D'après le tableau avec répartition égale de la population à tous les niveaux, $A_p = 7{,}45$. On voit donc la nécessité d'effectuer tout le calcul dans le cas présent.)

b) Calcul de T_{ar} d'après (111)

$$T_{ar} = \frac{2H}{V} + \left(\frac{V}{\gamma} + k_1\right)(A_p + 1) + k_2P_c$$

$$= \frac{2 \times 24}{1,50} + \left(\frac{1,50}{1} + 6,7\right) (6,89 + 1) + (1,6 \times 20)$$

(En prenant $\gamma = 1$ m/s², valeur moyenne adoptée par les constructeurs).

$$T_{ar} = 129 \text{ s}$$

c) Nombre d'appareils n d'après (127)

$$n = \frac{\Delta T_{ar}}{P_c} = \frac{0,32 \times 129}{20} = 2,07$$

Nous prendrons $n = 2$ appareils (par défaut).

d) Calcul du temps d'attente moyen réel d'après (128)

$$T_m = \frac{T_{ar}}{2n} = \frac{129}{4} = 32 \text{ secondes}$$

(nous avions pris 30 comme base)

e) Temps d'évacuation T_G *d'après* (131)

$$T_G = \frac{P.T_{ar}}{P_c.n.60} = \frac{320 \times 129}{20 \times 2 \times 60} = 17,2 \text{ mn}$$

$$T_G = 17 \text{ mn environ.}$$

Ainsi, pour satisfaire au trafic donné, il faut deux appareils de 1 500 kg (vingt personnes) à 1,50 m/s, commande duplex avec programmation aux heures d'entrée ou de sortie, portes automatiques à ouverture centrale de 1,20 m (ou 1,10 m suivant le constructeur, mais pas moins).

Deuxième exemple : immeuble tour d'habitation

Prenons le cas d'un immeuble à usage exclusif d'habitation de 20 étages au-dessus du rez-de-chaussée et comprenant, par étage, deux logements de 5 pièces, deux de 3 pièces, et deux de 2 pièces, ce qui d'après les bases données par le D.T.U., correspond à une population de 544 personnes.

La hauteur de course est de 56 m. Cet immeuble est donc du type G H A et tombe sous le coup du décret du 15 novembre 1967.

Deux appareils au moins (monte-charge + ascenseur ou deux ascenseurs) doivent desservir tous les niveaux (art. G H 30, parag. 1).

L'un de ces appareils devra être prévu pour le transport des brancards, cercueils, etc. La longueur de la cabine sera de 2,30 m (de préférence d'une

seule construction, sans porte de limitation de surface), la largeur de 1 m. La charge correspondant à cette surface est donc de 900 kg, 12 personnes.

La vitesse choisie sera 1,50 m/s avec traction par voltage variable.

Nous pouvons de prime abord considérer qu'un tel appareil est imposé par la réglementation.

Un second appareil doit d'après le décret desservir également tous les niveaux. Ses dimensions n'étant pas imposées dépendront du débit qui devra être assuré.

Le débit total de l'immeuble sera calculé sur la base de 7,5 % de la population à transporter en 5 mn.

$$\Delta = \frac{544 \times 0{,}075}{300} = 0{,}14 \text{ p/s par excès}$$

Le débit de l'appareil 900 kg sera établi d'après le calcul suivant :

Nombre d'arrêts probables (20 niveaux et 12 personnes) d'après le tableau figure 136 :

$$A_p = 9{,}2$$

Et, d'après (111) :

$$T_{ar} = \frac{2 \times 56}{1{,}50} + \left(\frac{1{,}50}{1} + 4{,}5\right)\left((9{,}2 + 1\right) + \left(2{,}8 \times 12\right)$$

avec :

γ : 1 m/s^2;

k_1 : 4,5 s (porte télescopique à ouverture centrale de 1,00 m);

k_2 : 2,8 s;

T_{ar} : 170 s.

$$D = \frac{P_c}{T_{ar}} = \frac{12}{170} = 0{,}07 \text{ p/s}$$

Or, le débit total Δ étant 0,14, on voit immédiatement que deux appareils de 900 kg à 1,50 m/s le satisfont, si le temps d'attente moyen T_m est acceptable :

$$T_m = \frac{T_{ar}}{2n} = \frac{170}{2 \times 2} = 43 \text{ s environ.}$$

Dans cet exemple, il faut donc deux appareils de 900 kg (12 personnes) à 1,50 m/s, portes automatiques télescopiques (pour réduire la largeur des gaines) à ouverture centrale de 1 m. La commande sera du type sélectif-collectif à la descente et les envois en cabine devront, de préférence, être prévus enregistrés.

Troisième exemple : cas particulier des buildings de grande hauteur

Nous avons vu que la manœuvre sélective-collective montée-descente avec programmation était spécialement conçue pour les buildings d'affaires. Elle est parfaitement adaptée aux immeubles de moyenne hauteur sans qu'il soit nécessaire de prévoir des dispositions spéciales autres que celles correspondant à la détermination de la charge des appareils et de leur nombre. Dans le cas des buildings du type G H W 2 à usage exclusif de bureaux, d'autres considérations, comme nous allons l'examiner, entrent en jeu. Dans un exemple, nous allons voir immédiatement que, si les bases du calcul sont identiques à celles d'un immeuble moyen, les résultats obtenus font apparaître des situations que l'on ne peut accepter pour les raisons courantes de prix de revient, de surface occupée, ou de dépenses d'exploitation.

Soit un immeuble d'affaires à sociétés multiples dont les caractéristiques sont les suivantes :

— RC + 40 étages;

— Course 120 m;

— Population de 80 personnes par étage, soit 3 200 personnes au total.

D'après le type d'immeuble, le débit à considérer intéresse 17 % de la population en 5 mn.

Prenons un temps d'attente moyen de 15 s, ce qui correspond à un temps d'attente maximal probable de 30 s, valeur considérée comme excellente.

Nous allons étudier et comparer trois solutions :

— la desserte de tous les niveaux par tous les appareils avec manœuvre programmée;

— la division de l'immeuble en deux zones : zone basse du rez-de-chaussée au 20e niveau et zone haute du 21e au 40e niveau;

— la desserte de tous les niveaux par tous les appareils, mais avec spécialisation (par la manœuvre programmée) de chacun d'eux aux heures de trafic exclusif.

Le débit total à assurer est :

$$\Delta = \frac{3\,200 \times 0{,}17}{300} = 1{,}81 \text{ personne/seconde.}$$

PREMIERE SOLUTION : DESSERTE DE TOUS LES NIVEAUX SANS SPÉCIALISATION

La charge de la cabine, d'après (129), est :

$$P_c = 2\ T_m\Delta = 2 \times 15 \times 1{,}81 = 55 \text{ personnes par excès.}$$

On voit immédiatement qu'une telle solution est à rejeter. Ainsi, le choix du temps d'attente moyen T_m, essentiellement subjectif, est cependant lié

à des conditions pratiques. Suivant le débit, la charge en cabine devient trop importante. Les appareils atteignent des proportions qui, si elles sont exactes en ce qui concerne le trafic exclusif montée ou descente, ne sont plus adaptées pendant les périodes de trafic équilibré.

Pendant celles-ci, qui forment la majeure partie du fonctionnement des ascenseurs, le nombre de personnes transportées représente le dixième des trafics exclusifs. Les appareils se déplacent avec peu de passagers alors qu'ils sont prévus pour des charges importantes. La dépense d'énergie est élevée sans apporter d'amélioration de service, au contraire. En effet, la valeur de T_m conditionne en définitive deux points indissolublement liés : d'une part, la qualité du service, d'autre part, la charge des appareils.

A une dégradation de la qualité du service (augmentation de T_m) correspond une augmentation de charge (ou vice-versa) et une diminution du nombre d'appareils et, inversement, à une amélioration de la qualité du service (diminution de T_m) correspond une diminution de la charge (ou vice-versa) et une augmentation du nombre d'appareils.

Il n'est pas souhaitable de dépasser une charge de vingt à vingt-quatre personnes (1 500 à 1 800 kg de charge) et T_m prend alors nécessairement une valeur d'excellente qualité.

Admettons que dans l'exemple ci-dessus, nous choisissons des appareils de 24 personnes. On a alors :

$$T_m = \frac{P_c}{2\Delta} = \frac{24}{2 \times 1{,}81} = 6{,}6 \text{ s}$$

$$A_p = 40 \left[1 - \left(\frac{40 - 1}{40}\right)^{24}\right] = 18{,}22$$

Les portes seront du type télescopique à ouverture centrale de 1,20 m pour lesquelles :

$$K_1 = 6{,}7 \text{ s et } K_2 = 1{,}6 \text{ s}$$

Nous pouvons considérer les choix de deux vitesses :
1) V = 2,50 m/s.

D'après (119) :

$$T_{ar} = \frac{2 \times 120}{\sqrt{\frac{120}{18{,}22} \times 1}} + \frac{120}{2{,}50} - \frac{2{,}50}{1} + 6{,}7\ (18{,}22 + 1) + (1{,}6 \times 24)$$

$T_{ar} = 306$ s

et :

$$n = \frac{\Delta T_{ar}}{P_c} = \frac{1{,}81 \times 306}{24} = 23 \text{ appareils (par défaut).}$$

DEUXIEME SOLUTION : RÉPARTITION PAR ZONES

Les deux zones étant composées du même nombre de niveaux, le débit de chacune sera la moitié du débit total soit 0,905 personnes/seconde. Dans ces conditions, si $T_m = 15$ s :

$$P_c = 2T_m\Delta = 2 \times 15 \times 0{,}905 = 27 \text{ personnes}$$

Ce chiffre se rapproche des 24 personnes prises comme maximum et que nous reprenons dans cette deuxième solution.

ZONE BASSE

$$T_m = \frac{P_c}{2\Delta} = \frac{24}{2 \times 0{,}905} = 13{,}2 \text{ s}$$

Pour la zone basse, nous aurons :

$$A_p = 20\left[1 - \left(\frac{20 - 1}{20}\right)^{24}\right] = 14{,}18$$

où :

$V = 2{,}50$ m/s.

$K_1 = 6{,}7$ s;

$K_2 = 1{,}6$ s;

$\gamma = 1$ m/s².

La course est ramenée à 60 m pour la zone basse.

$$T_{ar} = \frac{2 \times 60}{\sqrt{\frac{60}{14{,}18} \times 1}} + \frac{60}{2{,}50} - \frac{2{,}50}{1} + 6{,}7\,(14{,}18 + 1) + (1{,}6 \times 24) = 221 \text{ s}$$

et :

$$n = \frac{\Delta T_{ar}}{P_c} = \frac{0{,}905 \times 221}{24} = 8{,}3 \text{ appareils, soit 8 par défaut.}$$

Le débit de la zone basse nécessite donc huit appareils de 24 personnes à 2,50 m/s.

ZONE HAUTE

Pour la zone haute, si la vitesse de 2,50 m/s est conservée, au T_{ar} de la zone basse viendra s'ajouter le temps aller-retour de la course du rez-de-chaussés au 21e étage soit :

$$\frac{60 \times 2}{2{,}50} = 48 \text{ s}$$

Le T_{ar} de la zone haute serait alors :

$$T_{ar} \text{ de la zone basse} + 48 \text{ s} = 221 + 48 = 269 \text{ s}$$

Et le nombre d'appareils nécessaires serait :

$$n = \frac{0{,}905 \times 269}{24} = 10$$

Le temps d'attente moyen aurait pour valeur :

$$T_m = \frac{269}{2 \times 10} = 13{,}5 \text{ s}$$

Cette valeur étant excellente, on pourrait adopter cette solution.

Cependant, le nombre d'appareils est supérieur à celui de la zone basse et peut gêner au point de vue architectural. D'autre part, la réalisation d'une batterie de dix appareils pose des problèmes de disposition. Une rangée de cinq appareils, en admettant que les deux moitiés soient face à face, est trop importante et risque de provoquer du désordre aux heures de pointe. Le prix de revient est sensiblement augmenté et la surface occupée par les deux gaines supplémentaires sur 40 niveaux est importante.

Il est alors préférable d'augmenter la vitesse et de la porter à 4 m/s.

La course étant alors de 120 m, on a pour T_{ar_1}, du 21e au 40e niveau, une zone desservie de 57 m.

$$T_{ar_1} = \frac{2 \times 57}{\sqrt{\frac{57}{14{,}18} \times 1}} + \frac{57}{4} - \frac{4}{1} + 6{,}7\,(14{,}18 + 1) + (1{,}6 \times 24) = 212 \text{ s}$$

A cette valeur, il convient d'ajouter le temps aller-retour du rez-de-chaussée au 41e étage soit :

$$\frac{63 \times 2}{4} = 32 \text{ s}$$

et :

$$T_{ar} = 212 + 32 = 244 \text{ s}$$

$$n = \frac{0{,}905 \times 244}{24} = 9 \text{ appareils (par défaut)}$$

Ce nombre d'appareils se prête difficilement à une disposition en batterie.

En portant la vitesse à 5 m/s, le gain de temps sur T_{ar} serait seulement de 10 s et n demeurerait pratiquement inchangé.

Pour obtenir le même nombre d'appareils dans les deux batteries, il est alors nécessaire de répartir autrement les zones. Il faut augmenter le T_{ar} de la zone basse et diminuer celui de la zone haute.

La zone basse comportera deux niveaux de plus, soit 22 au lieu de 20, la course sera de 66 m. La zone haute en comprendra 18 sur 51 m, plus la partie express du rez-de-chaussée au 23e étage, soit 69 m de course.

Dans ces conditions :

ZONE BASSE

Pour la zone basse :

$$A_p = 22\left[1 - \left(\frac{22 - 1}{22}\right)^{24}\right] = 14,89$$

$$T_{ar} = \frac{2 \times 66}{\sqrt{\frac{66}{14,89} \times 1}} + \frac{66}{2,50} - \frac{2,50}{1} + 6,7(14,89 + 1) + (1,6 \times 24)$$

$$= 235 \text{ s}$$

et :

$$n = \frac{\Delta T_{ar}}{P_c} = \frac{0,905 \times 235}{24} = 9 \text{ appareils}$$

Nous venons de dire que ce nombre ne donnait pas une disposition symétrique d'appareils en batterie. Nous sommes donc dans l'obligation de porter à dix les ascenseurs de ce groupe. Ceci va donc consister à diminuer leur charge. Nous pouvons prendre des 20 personnes et :

$A_p = 13,38$ d'après le tableau fig. 109

$T_{ar} = 214$ s

$$n = \frac{0,905 \times 214}{20} = 9,7, \text{ soit } 10 \text{ appareils}$$

et :

$$T_m = \frac{20}{2 \times 0,905} = 11 \text{ s au lieu de } 13,2$$

ZONE HAUTE

Pour la zone haute :

$$A_p = 12,26$$

$$T_{ar1} = \frac{2 \times 51}{\sqrt{\frac{51}{12,26} + 1}} + \frac{51}{4} - \frac{4}{1} + 6,7(12,26 + 1) + (1,6 \times 20)$$

$$= 180 \text{ s}$$

Valeur de T_{ar} à laquelle vient s'ajouter l'aller-retour du rez-de-chaussée au 23e étage, soit :

$$\frac{69 \times 2}{4} = 34,5 \text{ s}$$

$$T_{ar} = 180 + 34,5 = 214,5 \text{ s}$$

Ce T_{ar} est identique à celui de la zone basse, n est donc égal à 10. Le temps d'attente T_m est aussi le même.

En résumé, il faut prévoir deux batteries :

— l'une pour une zone basse du rez-de-chaussée au 22e étage; 10 ascenseurs de 20 personnes (1 500 kg) vitesse 2,50 m/s;

— l'autre pour la zone haute, rapide du rez-de-chaussée au 23e étage et desserte normale du 23e au 40e étage; 10 ascenseurs de 20 personnes (1 500 kg) vitesse 4 m/s.

Ces deux batteries sont très importantes.

Nous avons ainsi donné un aperçu de la marche du calcul qui peut être fait pour déterminer les batteries d'un « gratte-ciel ». Bien entendu, suivant la destination générale de l'immeuble, d'autres dispositions pourraient être adoptées, mais les résultats ne sont souvent atteints que par tâtonnements.

TROISIEME SOLUTION : SPÉCIALISATION DES APPAREILS

Nous allons examiner la troisième solution où peut être adoptée la spécialisation des appareils lors des trafics exclusifs montée ou descente.

Dans l'étude des manœuvres programmées, nous avons envisagé de spécialiser les ascenseurs à la desserte de certains niveaux pour chacun d'eux pendant les périodes de trafic exclusif.

La répartition par zones laisse aux appareils la liberté de desservir dans la zone considérée un niveau quelconque. Nous avons vu dans le dernier calcul que le fait d'augmenter la vitesse n'apportait pas d'amélioration sensible de T_{ar}. Or, celui-ci est alors maximum car il dépend du nombre d'arrêts probables d'autant plus grand que le nombre de niveaux est élevé.

Si l'on affecte à chaque appareil un certain nombre de niveaux, celui-ci est nettement inférieur au nombre d'arrêts probables d'une zone privilégiée. Les arrêts deviennent des arrêts sûrs. Le nombre de niveaux desservis par chaque appareil est égal à leur nombre total divisé par le nombre d'appareils, la répartition pouvant s'effectuer suivant les dispositions décrites précédemment avec l'étude des manœuvres.

Il reste à déterminer à partir des données : course, vitesse, temps d'attente, débit, nombre de niveaux, d'une part le nombre d'appareils, d'autre part le temps d'attente maximal pendant la période de spécialisation.

Le nombre d'arrêts sûrs A_S est :

$$A_S = \frac{N}{n} \qquad (132)$$

N étant le nombre de niveaux;

n : le nombre d'appareils.

D'autre part, d'après (127) : $n = \dfrac{\Delta T_{ar}}{P_c}$

et d'après (111), en remplaçant A_P par A_S :

$$T_{ar} = \frac{2H}{V} + \left(\frac{V}{\gamma} + k_1\right)(A_S + 1) + k_2 P_c$$

Nous pouvons prendre la forme de cette équation, car la distance entre niveaux sera telle que pour les vitesses adoptées, la pleine vitesse sera atteinte.

On est ainsi en présence d'un système de trois équations à trois inconnues que l'on résoud facilement, les trois inconnues étant :

— A_S : nombre d'arrêts sûrs aux niveaux privilégiés;

— n : nombre d'appareils;

— T_{ar} : temps d'attente maximal pendant la spécialisation.

On peut alors écrire :

$$T_{ar} = \frac{2H}{V}\left(\frac{V}{\gamma} + k_1\right)\left(\frac{N}{n} + 1\right) + k_2 P_c \qquad (133)$$

D'autre part :

$$n = \frac{\Delta T_{ar}}{P_c}$$

et :

$$P_c = 2T_m\Delta \qquad (129)$$

d'où :

$$T_m = \frac{T_{ar}}{2n}$$

ou :

$$T_{ar} = 2nT_m \qquad (134)$$

En portant cette dernière valeur dans (133) et en transformant, on obtient l'équation du second degré d'où l'on tirera n, nombre d'appareils :

$$2T_m n^2 - (B + A + k_2 P_c)n - AN = 0 \qquad (135)$$

avec :

$$A = \frac{V}{\gamma} + k_1 \qquad (136)$$

$$B = \frac{2H}{V} \qquad (137)$$

Exemple numérique.

En reprenant les données de la deuxième solution ci-dessus :

P_c = 20 personnes, d'où :

$$T_m = \frac{P_c}{2\Delta} = \frac{20}{2 \times 1{,}81} = 5{,}5 \text{ s}$$

$N = 40$ niveaux — $H = 120$ m — $V = 2{,}50$ m/s — $k_2 = 1{,}6$ s — $k_1 = 6{,}7$ s — $\gamma = 1$ m/s^2.

On obtient :

$$A = \frac{2{,}50}{1} + 6{,}7 = 9{,}2$$

$$B = \frac{2 \times 120}{2{,}50} = 96$$

$$11n^2 - 137{,}2n - 368 = 0$$

D'où l'on calcule :

$$n = 13{,}7 \text{ appareils, soit 14 par excès}$$

Les 14 ascenseurs peuvent être groupés en une ou plusieurs batteries suivant les dispositions de l'immeuble.

On voit ici la différence sensible avec le système qui consiste à desservir sans discernement un nombre important de niveaux :

— 14 appareils de 20 personnes à 2,50 m/s;

— au lieu de 10 appareils de 20 personnes à 2,50 m/s et 10 appareils de 20 personnes à 4 m/s.

Ces 14 appareils desserviraient pendant les périodes de service exclusif montée ou descente :

$\frac{40}{14} = 3$ niveaux chacun par excès, au-dessus du rez-de-chaussée

1er appareil : R.C. - 1 - 15 - 29
2e appareil : R.C. - 2 - 16 - 30
3e appareil : R.C. - 3 - 17 - 31
. . . .
12e appareil : R.C. - 12 - 26 - 40
13e appareil : R.C. - 13 - 27
14e appareil : R.C. - 14 - 28

Deux appareils sont avantagés par rapport aux autres en ne desservant que deux niveaux au-dessus du rez-de-chaussée au lieu de trois.

REMARQUE. — La spécialisation peut aussi s'appliquer avantageusement à chacune des batteries qui desservent les zones haute et basse de l'exemple précédent. D'après le tableau que nous donnons ci-après (fig. 139), la zone basse pourrait être desservie par 6 appareils au lieu de 10. En effectuant le calcul pour la zone haute, on trouverait également 6 appareils.

En dehors des périodes de trafic exclusif, l'exploitation des ascenseurs s'effectue suivant la série des programmes classiques.

NOMBRE D'APPAREILS SPÉCIALISÉS
avec temps d'attente moyen 10 secondes.
Vitesse 2,50 m/s. — Distance entre étages : 3 m.

N \ Pc	5	10	15	20	25
8	3,04	3,32	3,64	3,95	4,29
10	3,40	3,71	4,01	4,30	4,65
12	3,80	4,05	4,35	4,68	5,00
14	4,12	4,40	4,72	5,08	5,35
16	4,45	4,75	5,04	5,36	5,70
18	4,76	5,06	5,38	5,67	5,98
20	5,08	5,38	5,70	6,00	6,18
22	5,38	5,67	6,00	6,30	6,62
24	5,68	5,98	6,30	6,60	6,92
26	6,00	6,25	6,60	6,93	7,20
28	6,28	6,58	6,92	7,20	7,52
30	6,55	6,87	7,17	7,50	7,82

Fig. 139

FIG. 139. — *Tableau du nombre d'appareils spécialisés pour une charge en cabine de 5 à 25 personnes et pour un nombre de niveaux N au-dessus du rez-de-chaussée de 8 à 30. Exemple : pour une charge de 20 personnes et 26 niveaux, le nombre d'appareils à prévoir en spécialisation est de 6,93, soit 7 par excès.*

J. — Inconvénients et avantages du système de spécialisation

1. — Inconvénients

Comme on vient de le voir, si l'immeuble ne peut pas être divisé, lorsque le débit est élevé (plus d'une personne par seconde) la batterie est importante. Mais dans ce cas, le dispositif est applicable aux batteries desservant certaines zones.

Il est nécessaire de prévoir au rez-de-chaussée une signalisation adéquate, donnant aux usagers, pendant la période de spécialisation, toutes indications pour qu'ils prennent l'ascenseur desservant le niveau auquel ils désirent se rendre. Cet inconvénient est mineur car il ne présente techniquement aucune difficulté et ne peut, d'autre part, nuire en rien à l'esthétique du hall d'entrée puisqu'il ne s'agit que de simples plaques de signalisation.

Pendant le trafic exclusif, le temps d'attente maximal sûr est supérieur au système de desserte des niveaux, en totalité, ou par zones. En effet, dans ces derniers cas, le temps d'attente maximal probable est une moyenne du temps d'attente de la batterie, les usagers ayant la faculté d'emprunter un appareil quelconque, le premier à leur disposition, alors que lors de

la spécialisation, ils ne peuvent se servir que de l'appareil desservant l'étage qui les intéresse. Toutefois, la durée de la spécialisation présente une faible fraction du trafic quotidien, cinq à dix minutes, et s'adresse en outre à un personnel habitué et informé aux heures d'entrée et de sortie.

2. — Avantages

Les avantages sont intéressants par rapport aux inconvénients signalés.

Pendant l'exploitation journalière, lorsque l'immeuble peut ne pas être divisé horizontalement en deux ou plusieurs zones, tous les niveaux sont desservis par l'ensemble des appareils, ce qui donne une plus grande souplesse et une faculté accrue dans le trafic inter-étages.

Lorsque le trafic devient équilibré, et parfois même quelque peu ralenti, un ou plusieurs appareils peuvent être mis en sommeil, ce qui assure une économie sensible de déplacements et par suite, d'énergie, le temps d'attente demeurant raisonnable.

Les appareils disposés en une seule batterie peuvent répondre dans de meilleures conditions au règlement sur les immeubles de grande hauteur et permettent une construction plus rationnelle autour d'un seul bloc de circulation verticale, appareils face à face (ou même dos à dos en deux batteries distinctes).

Les appareils sont identiques, rassemblés en une seule machinerie et peuvent, de ce fait, être vérifiés et entretenus plus efficacement.

Les avantages financiers sont importants :

— le prix de revient de l'ensemble est inférieur à celui du système de répartition par zones (10 à 20 %);

— le gain de surface est très important : dans l'exemple ci-dessus, il est de l'ordre de 500 m^2;

— l'exploitation est plus économique grâce à une dépense moindre d'énergie, comme nous l'avons vu plus haut.

K. — Tableau pour la détermination du nombre d'appareils dans le cas de spécialisation

A partir de l'équation (135), et en tenant compte des valeurs des termes A et B pour lesquels :

$V = 2{,}50$ m/s — $\gamma = 1{,}00$ m/s^2 — $B = \dfrac{2H}{V} = \dfrac{6N}{V}$ en prenant 3 m entre niveaux successifs — $B = 2{,}4\ N$ — $k_1 = 6{,}7$ et $k_2 = 1{,}6$ (portes à ouverture centrale de 1,20 m) d'où :

$$A = \frac{V}{\gamma} + k_1 = \frac{2,50}{1} + 6,7 = 9,2$$

on peut poser :

$$2T_m n^2 - (2,4\ N + 9,2 + 1,6\ P_c)n - 9,2\ N = 0$$

En nous donnant un temps d'attente moyen de 10 s, on établit le tableau de la figure 139.

Évidemment, le calcul de n ne donne pas des valeurs entières.

Le nombre d'appareils sera pris d'après la valeur entière la plus approchée et on effectuera le calcul inverse pour déterminer T_m à partir de cette nouvelle valeur :

$$T_m = \frac{(2,4\ N + 9,2 + 1,6\ P_c)n + 9,2\ N}{2n^2}$$

Exemple. — Admettons que l'on ait choisi $P_c = 15$ personnes et $N = 20$ niveaux, 6 appareils (au lieu de 5,70 donné par le tableau).

$$T_m = \frac{[(2,4 \times 20) + 9,2 + (1,6 \times 18)]\ 6 + (9,2 \times 20)}{2 \times 6^2}$$

9,7 s, au lieu de 10.

La qualité est légèrement améliorée.

L. — *Abaques de détermination de la capacité des cabines*

Le calcul présenté dans les paragraphes précédents est, on l'a vu, assez long et fastidieux. Il est basé sur l'appréciation du temps d'attente moyen. Par conséquent, il peut donner lieu à des tâtonnements pour arriver à une solution qui, financièrement, correspond bien à ce point particulier du problème. Il existe autant de solutions que de valeurs du temps d'attente, tout au moins dans des limites étroites.

L'utilisation d'abaques permettant, d'une seule lecture, la détermination de la capacité des appareils est avantageuse par sa rapidité et l'éventail de choix qu'elle propose au maître d'œuvre. Nous allons dans les paragraphes suivants étudier l'élaboration de ces abaques, en tenant compte de la marche normale du travail auquel se livre le projeteur dans cet aspect de la question.

Nous admettrons en premier lieu, pour ramener les calculs à une expression simple de la réalité et en tenant compte des données générales à la grande majorité des immeubles, que :

— la distance entre deux niveaux successifs est de 3 m;

— la population par niveau au-dessus du rez-de-chaussée est égale pour tous les niveaux.

Ceci posé, le problème pour le maître d'œuvre se présente de la façon suivante quant au choix des caractéristiques à partir des données de base.

Nature de l'immeuble ⟶ manœuvre;
Hauteur de course ⟶ vitesse;
Population ⟶ débit;
Débit et temps moyen ⟶ charge de la cabine P_c;
Charge de la cabine ⟶ type de porte.

Les abaques seront établis pour les vitesses courantes par type de porte et indiqueront, d'après les débits possibles, le nombre et la charge des appareils pour un nombre donné de niveaux au-dessus du rez-de-chaussée.

1. — Tracé des abaques

Les équations (111) et (119) du T_{ar} :

$$T_{ar} = \frac{2H}{V} + \left(\frac{V}{\gamma} + k_1\right) (A_p + 1) + k_2 \, P_c$$

pour les vitesses jusqu'à 2 m/s et :

$$T_{ar} = \frac{2H}{\sqrt{\frac{H}{A_p}\gamma}} + \frac{H}{V} - \frac{V}{\gamma} + k_1 \, (A_p + 1) + k_2 P_c$$

pour les vitesses supérieures à 2 m/s, et l'équation (124) :

$$T_{ar} = \frac{P_c}{D}$$

vont nous permettre le tracé de ces abaques.

Les simplifications évoquées ci-dessus et justifiées par la façon dont le problème se pose en pratique vont nous donner :

1) pour la hauteur de course : $H = 3 \ N$;

2) pour γ, accélération ou décélération : les valeurs moyennes du résumé (chap. V. parag. III).

Les équations deviennent alors :

$$T_{ar} = \frac{6N}{V} + \left(\frac{V}{\gamma} + k_1\right) \left[N - N\left(\frac{N-1}{N}\right)^{P_c} + 1\right] + k_2 P_c \quad (138)$$

et :

$$T_{ar} = \frac{6N}{\sqrt{\frac{3\gamma}{1 - \left(\frac{N-1}{N}\right)^{P_c}}}} + \frac{3N}{V} - \frac{V}{\gamma} + k_1 \left[N - N\left(\frac{N-1}{N}\right)^{P_c} + 1\right] + k_2 P_c \quad (139)$$

Dans ces équations, V, γ, k_1 et k_2 déterminent le type d'abaque, et pour chaque type nous tracerons une courbe $T_{ar} = f(P_c)$ pour N donné. Nous obtiendrons ainsi une famille de courbes auxquelles le terme comprenant l'exposant P_c donnera une allure exponentielle.

En second lieu, l'expression de $T_{ar} = \frac{1}{D} P_c$ permettra de tracer une seconde famille de courbes, que nous appellerons à débit constant. On sait que ce sont des droites passant par l'origine.

La solution du problème est donnée par la résolution du système des deux équations que forme chacune des équations (138) ou (139) avec l'expression de T_{ar} qui dépend du débit.

Nous donnons (fig. 112 à 120) les abaques suivants :

Vitesse en m/s	*Type de porte*	
0,70 à 0,80 (une vitesse)	Porte manuelle battante de 0,70 m	(140)
	Porte électrique à ouverture centrale à 0,70 m	(141)
1,20 (deux vitesses)	Porte manuelle battante de 0,70 m	(142)
	Porte électrique à ouverture centrale 0,70 m	(143)
1,50 (voltage variable ou autre dispositif à nivelage automatique progressif)	Porte manuelle battante de 0,70 m	(144)
	Porte électrique à ouverture centrale de 0,70 m	(145)
	Porte électrique à ouverture centrale de 1 m	(146)
2,50 (voltage variable)	Porte électrique à ouverture centrale de 1 m	(147)
	Porte électrique à ouverture centrale de 1,20 m	(148)

2. — Exemple d'utilisation des abaques

Soit un immeuble à usage de bureaux à société unique, de course 24 m; population évaluée à 320 personnes réparties également dans les étages, nombre de niveaux au-dessus du rez-de-chaussée : 8.

Manœuvre : collective-sélective montée-descente.

Vitesse : 1,50 m/s à voltage variable ou autre dispositif analogue (mais pas de deux vitesses).

Débit :

$$\Delta = \frac{320 \times 0{,}30 \ (30\,\% \text{ en } 5 \text{ mn})}{5 \times 60} = 0{,}32 \text{ personnes/seconde}$$

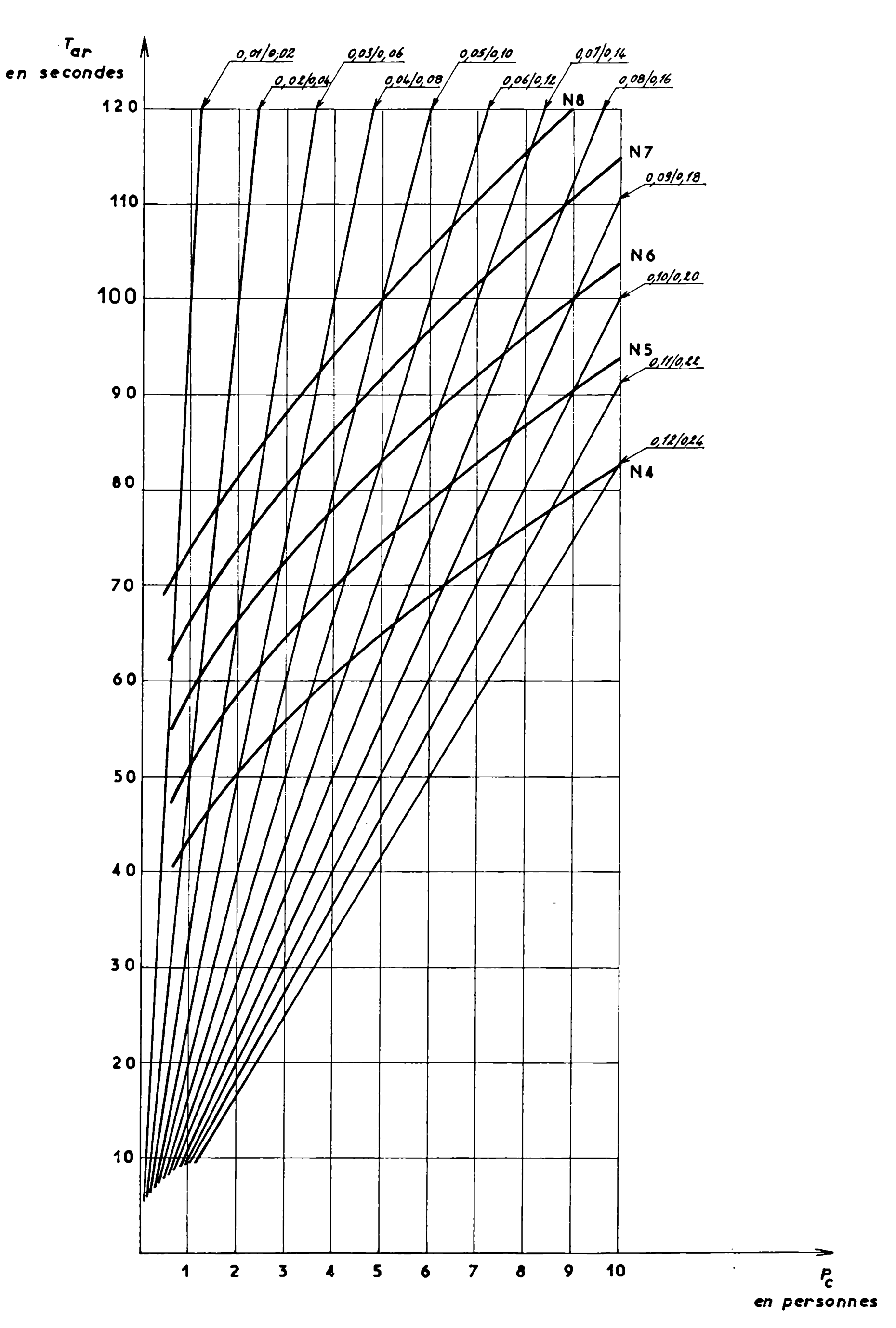


FIG. 140. — *Abaque de détermination des appareils pour porte manuelle de 0,70 m et vitesses de 0,70 à 0,80 m/s.*

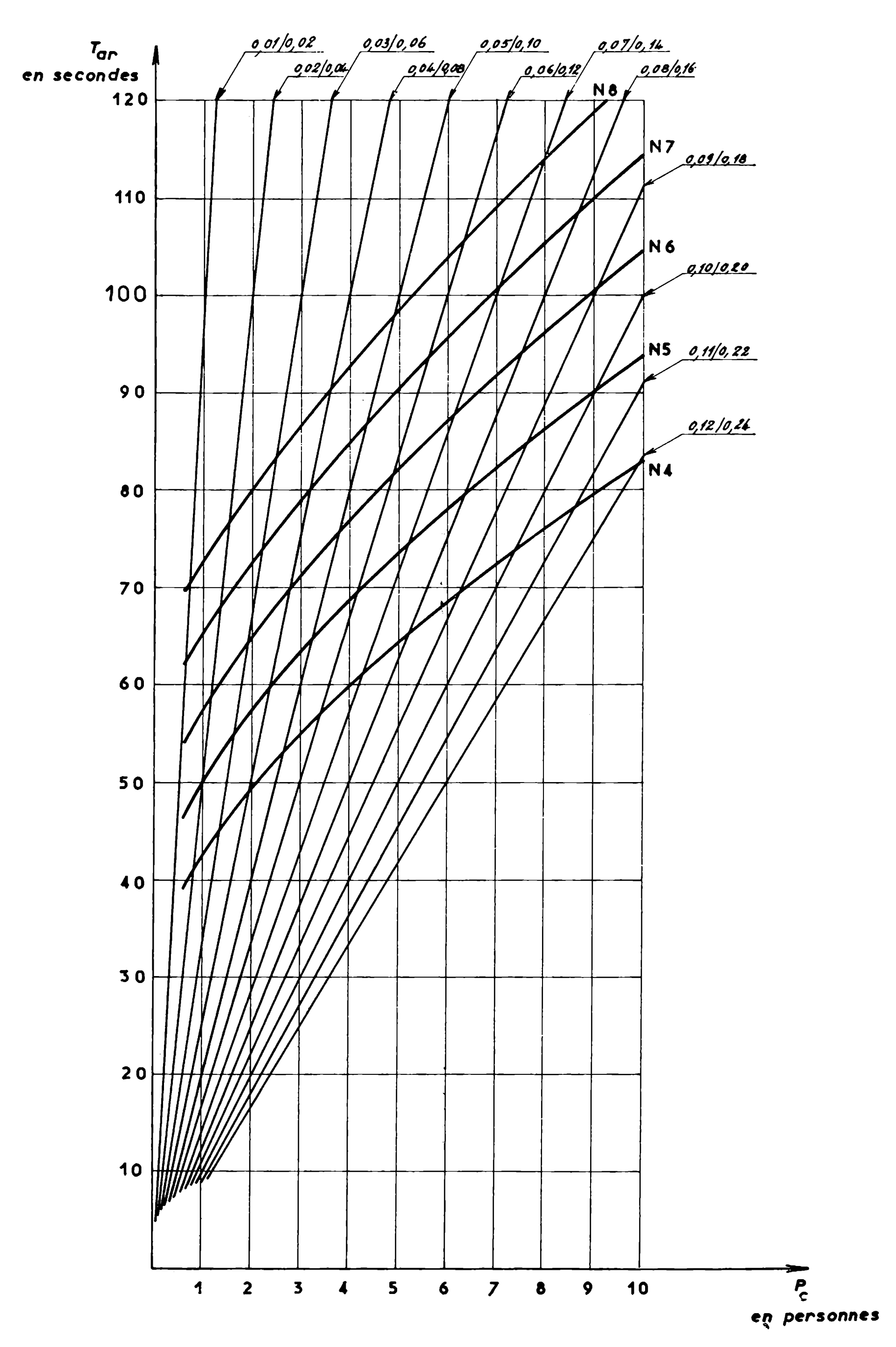


FIG. 141. — *Abaque de détermination des appareils pour porte électrique à ouverture centrale de 0,70 m et vitesses de 0,70 à 0,80 m/s.*

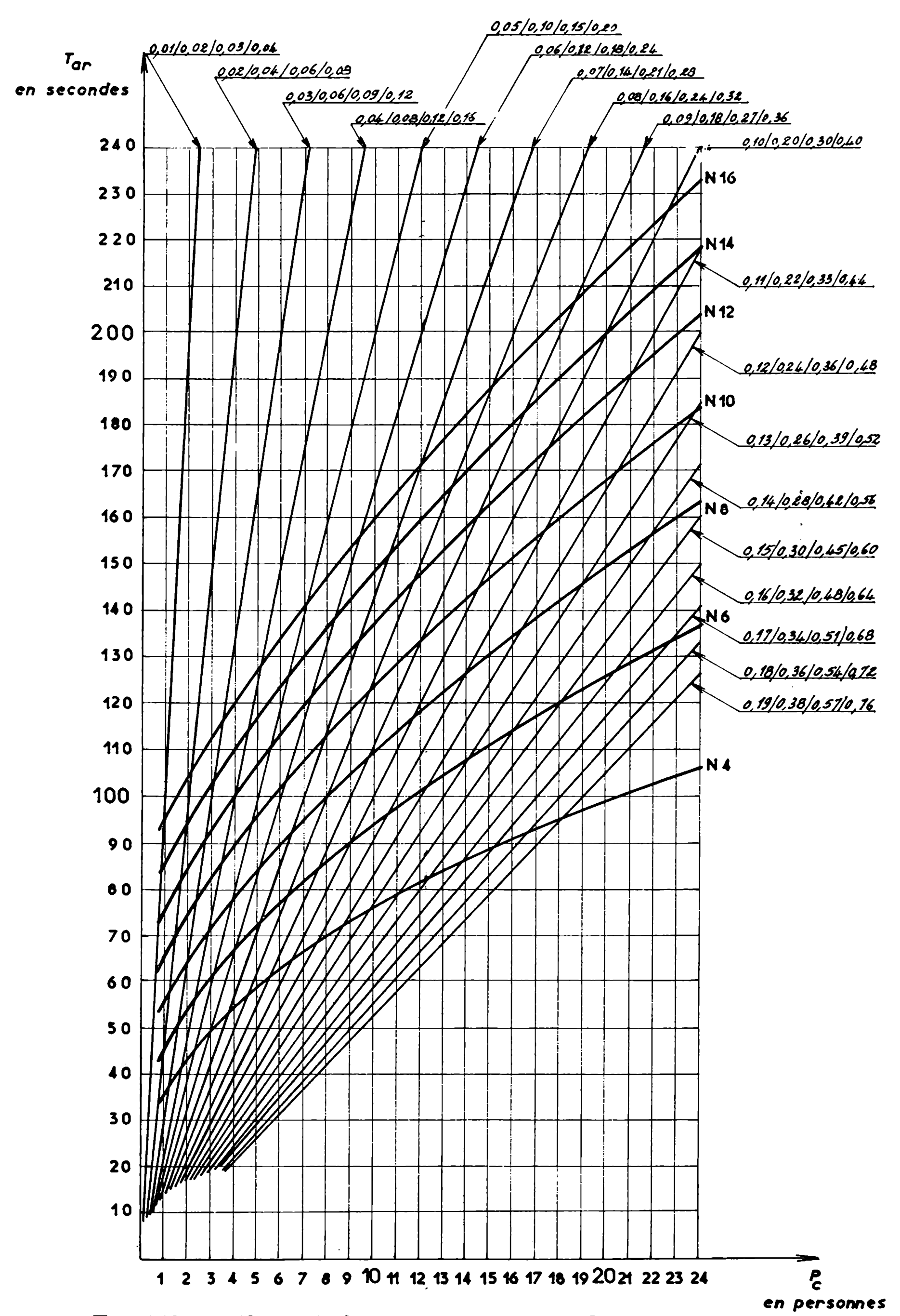


FIG. 142. — *Abaque de détermination des appareils pour porte manuelle de 0,70 m et vitesse de 1,20 m/s.*

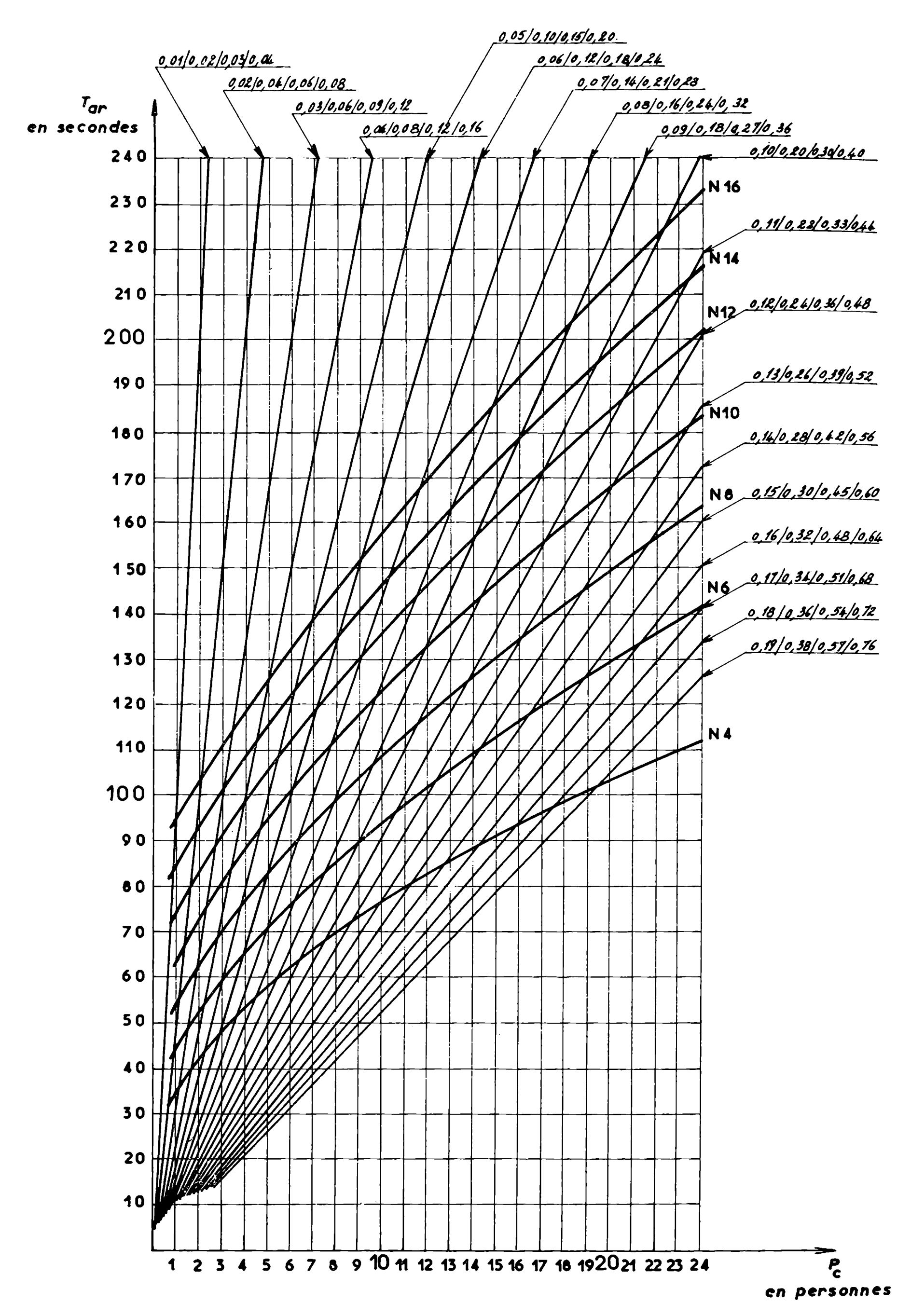


FIG. 143. — *Abaque de détermination des appareils pour porte électrique à ouverture centrale de 0,70 m et vitesse de 1,20 m/s.*

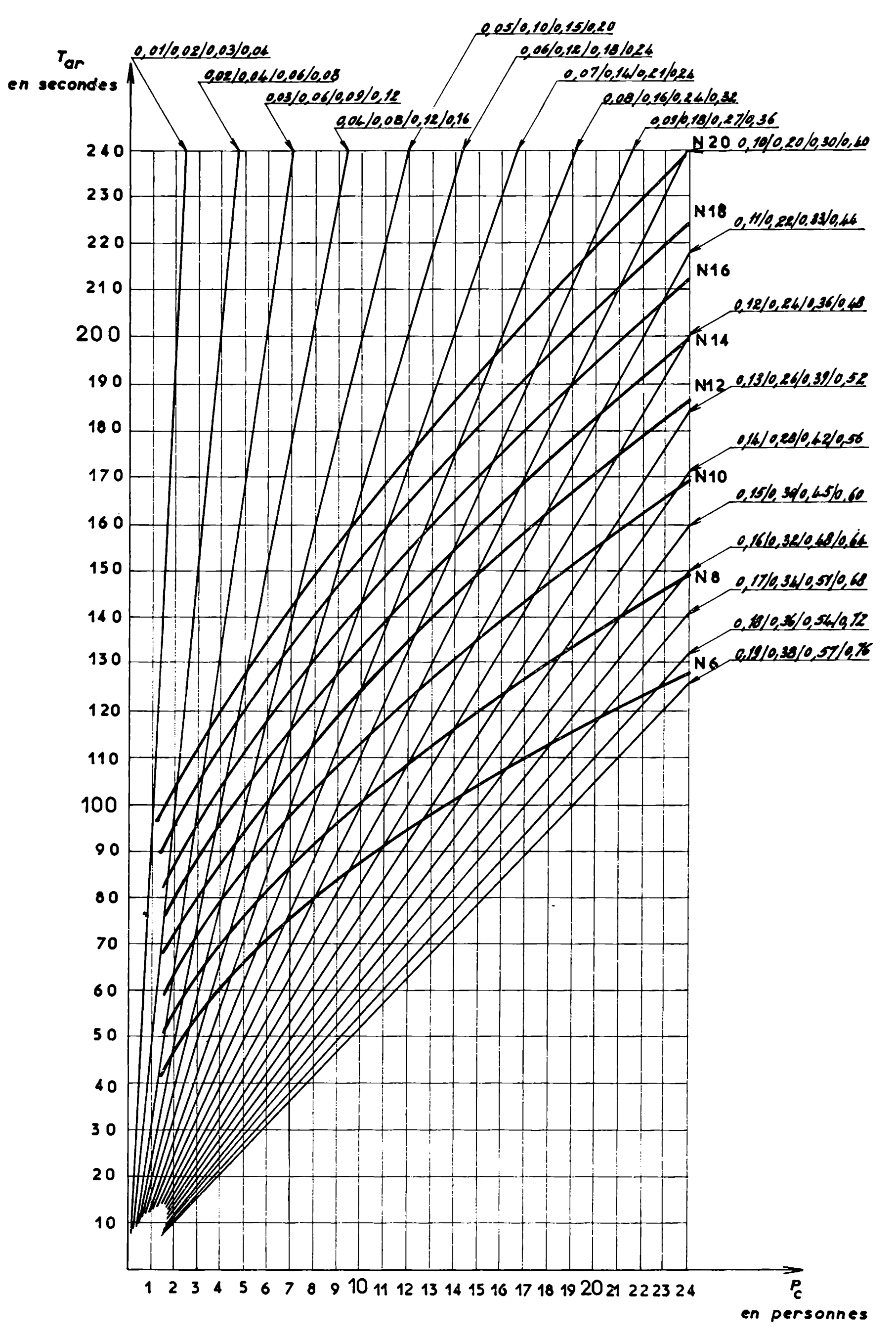


FIG. 144. — *Abaque de détermination des appareils pour porte manuelle de 0,70 m et vitesse de 1,50 m/s.*

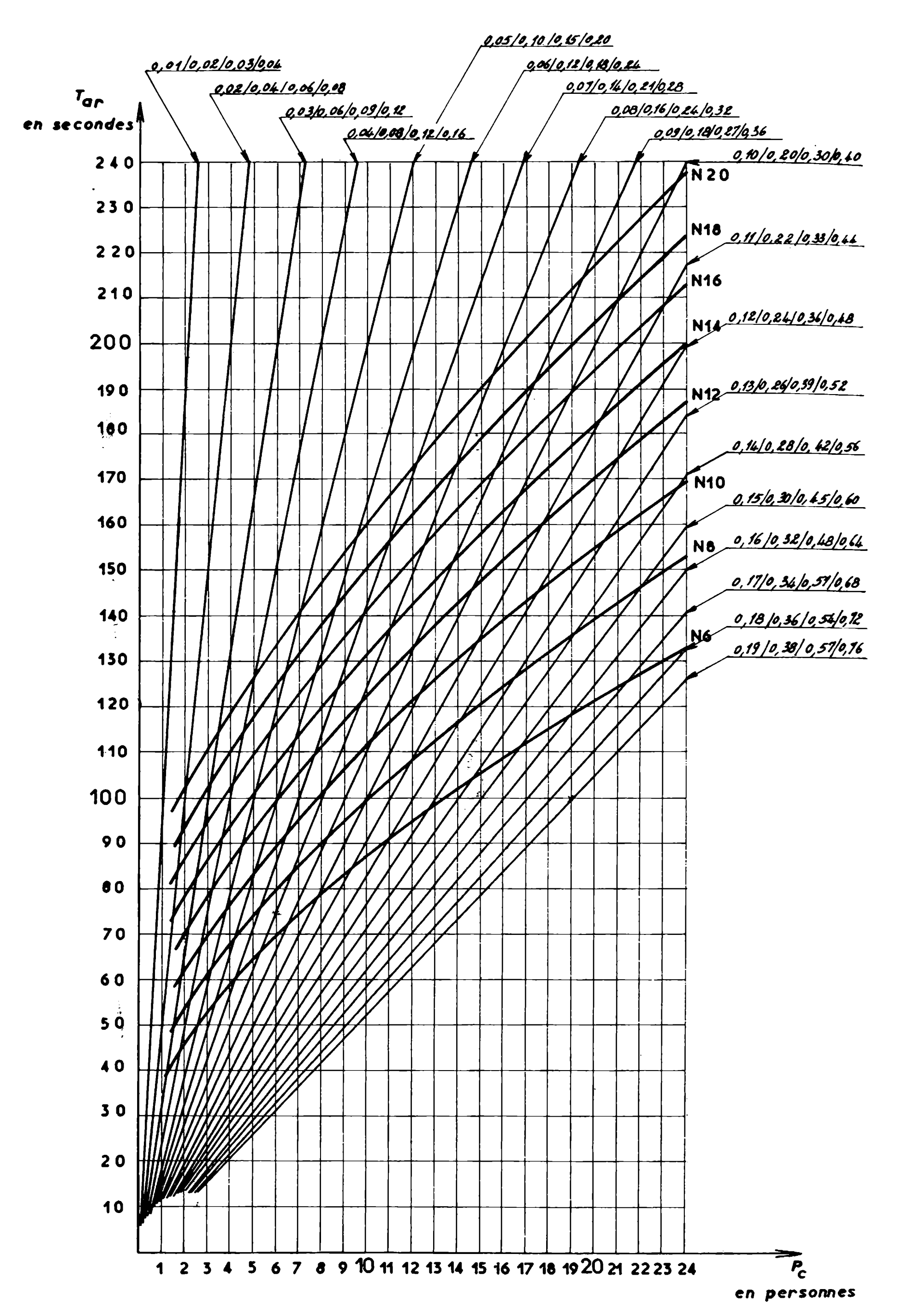


FIG. 145. — *Abaque de détermination des appareils pour porte électrique à ouverture centrale de 0,70 m et vitesse de 1,50 m/s.*

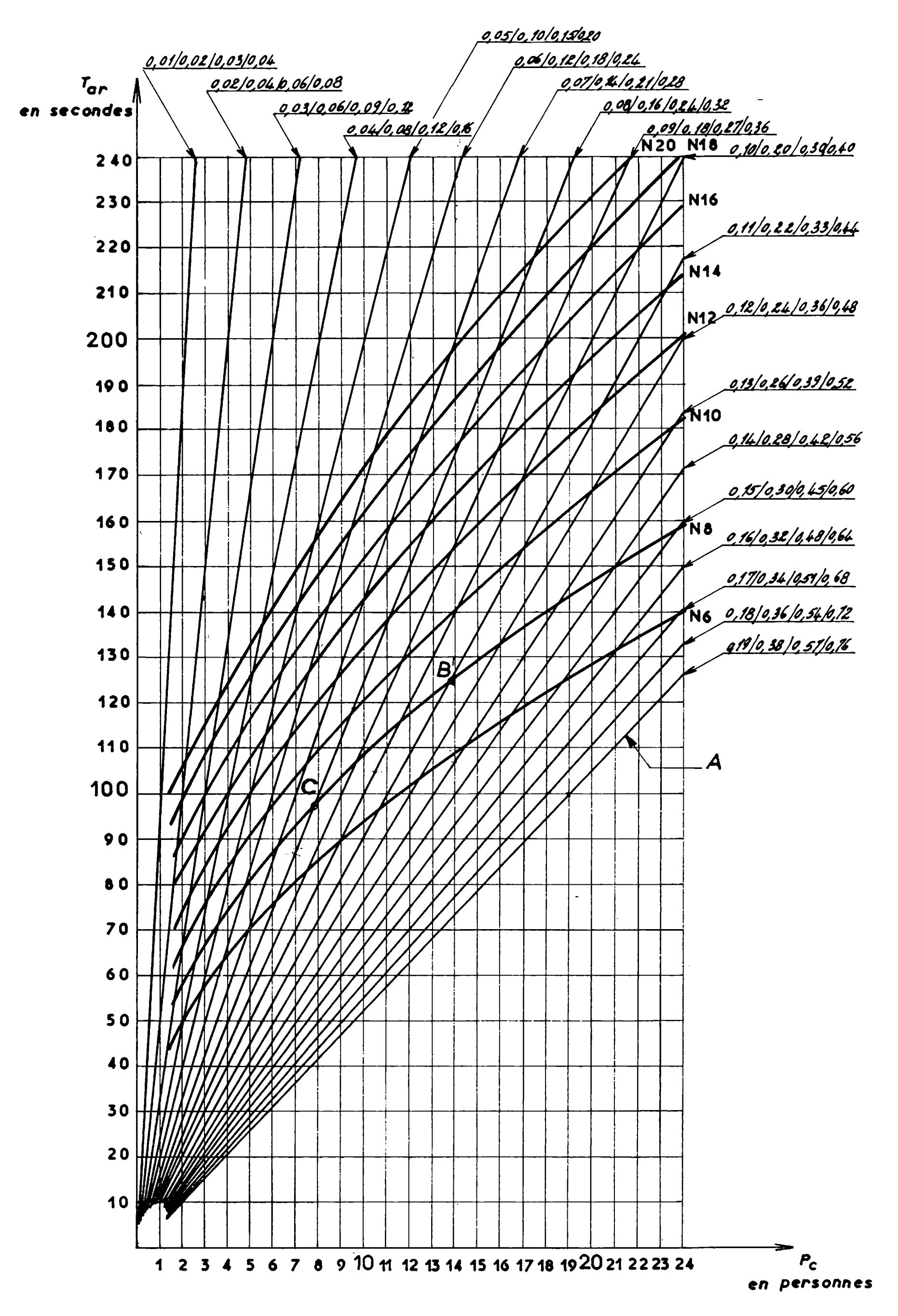


FIG. 146. — *Abaque de détermination des appareils pour porte électrique à ouverture centrale de 1 m et vitesse de 1,50 m/s.*

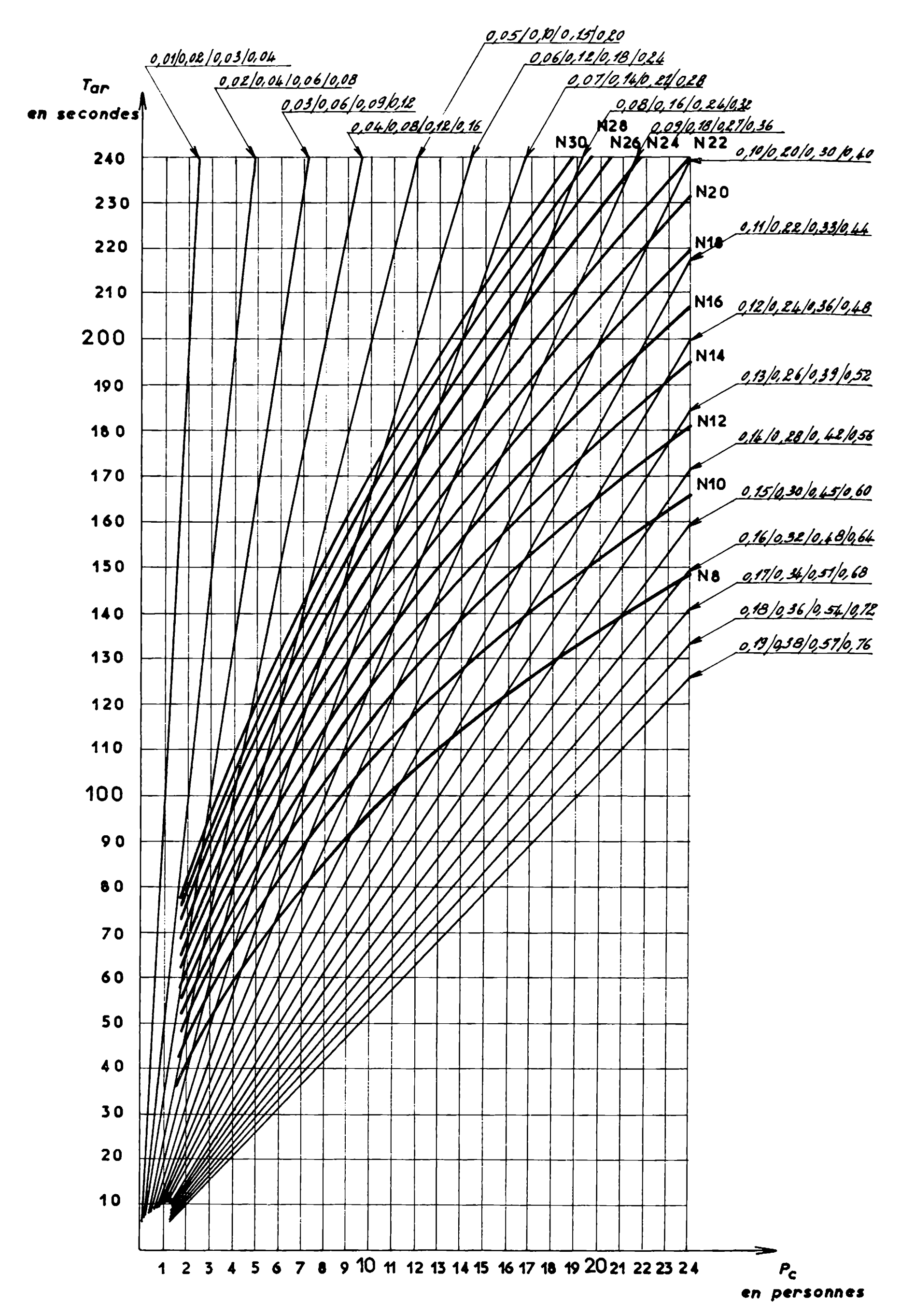


FIG. 147. — *Abaque de détermination des appareils pour porte électrique à ouverture centrale de 1 m et vitesse de 2,50 m/s.*

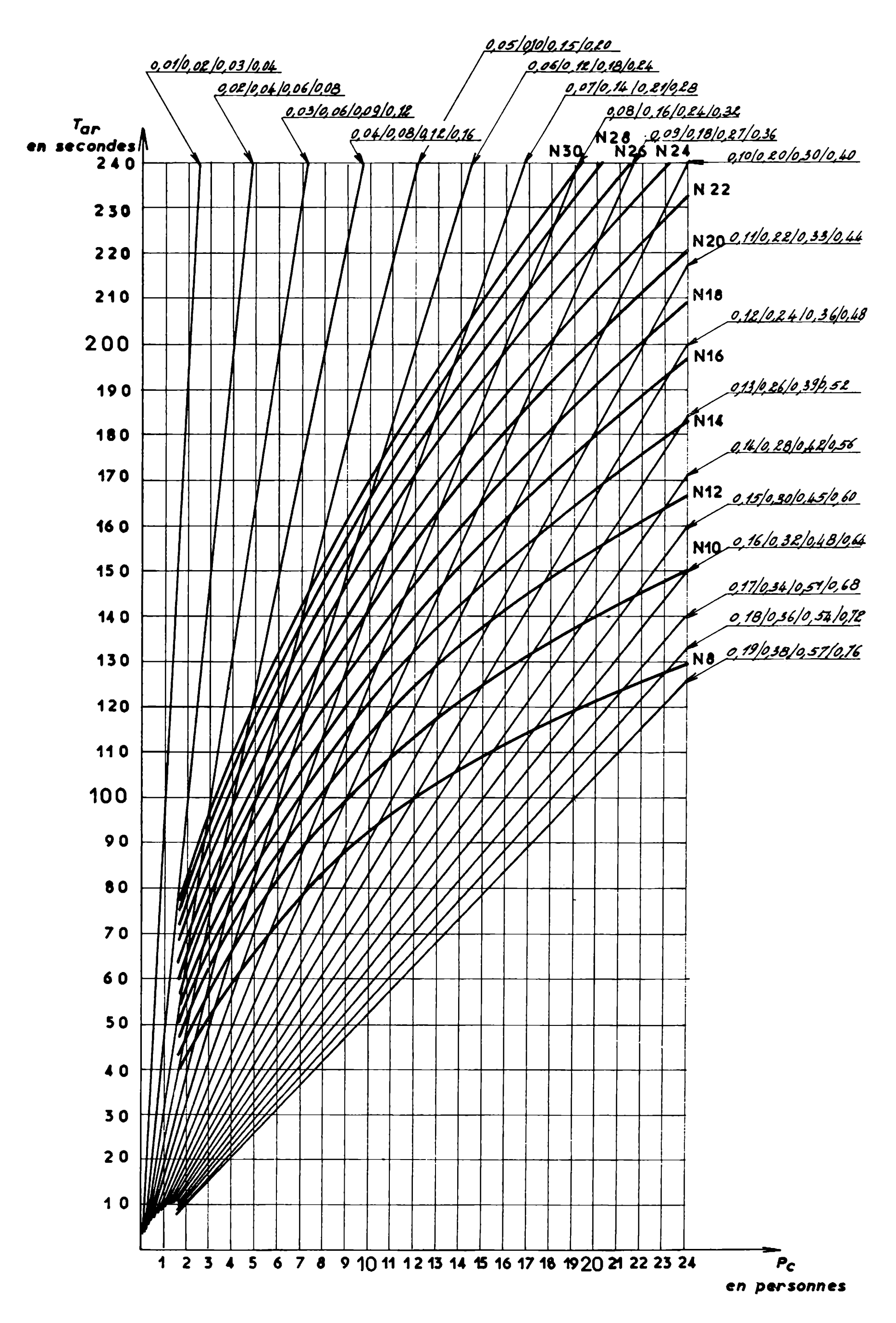


FIG. 148. — *Abaque de détermination des appareils pour porte électrique à ouverture centrale de 1,20 m et vitesse de 2,50 m/s.*

Si nous désirons un temps d'attente moyen d'assez bonne qualité, nous adopterons $T_m = 30$ s, d'où :

$$P_c = 2\,T_m\,\Delta = 2 \times 30 \times 0{,}32 = 19{,}2 \text{ personnes}$$

C'est donc une capacité assez importante à envisager et il convient de choisir une porte à ouverture centrale de passage 1 m minimum. L'abaque (146) doit donc être consulté.

Les lignes de débit forment l'éventail de l'origine. Chaque ligne correspond à un débit donné et à un nombre d'appareils. Ainsi la première droite A donne :

0,19 personne/seconde pour 1 appareil

0,38 personne/seconde pour 2 appareils

0,57 personne/seconde pour 3 appareils

0,76 personne/seconde pour 4 appareils

et, éventuellement :

0,95 personne/seconde pour 5 appareils

etc.

Les courbes de niveaux sont représentées par niveaux de deux en deux : N = 6, N = 8, etc.

Lire en premier lieu, le débit : 0,32 personne/seconde. Celui-ci se situe sur les droites suivantes :

0,16/*0,32*/0,48/0,64, donc avec 2 appareils

0,11/0,22/*0,33*/0,44, donc avec 3 appareils

0,08/0,16/0,24/*0,32*, donc avec 4 appareils

La capacité et le T_{ar} se trouvent à l'intersection de la droite du débit et de celle correspondant au nombre de niveaux, soit ici N = 8.

Pour la première droite de débit correspondant à deux appareils, on voit que l'on sort des limites de l'épure, c'est-à-dire de $P_c = 24$ personnes. (En prolongeant la droite de débit et celle de N = 8, on trouverait $P_c = 26$, ce qui est trop important et $T_{ar} = 164$ s d'où $T_m = \frac{164}{2n} = \frac{164}{4} = 41$ s (ce qui est également excessif).

Pour la deuxième droite, correspondant à trois appareils, on voit qu'elle coupe la courbe N = 8 en un point B dont les coordonnées sont : $P_c = 14$ personnes et $T_{ar} = 126$ s donc $T_m = \frac{126}{2n} = \frac{126}{2\text{x}3} = 21$ s. Ce temps est inférieur à celui que nous nous étions imposé et la solution est par conséquent valable.

Si nous nous reportions à la troisième droite correspondant à 4 appareils, on trouverait à l'intersection C $P_c = 8$ personnes et $T_{ar} = 98$ s, donc

$T_m = \frac{98}{8} = 12$ à 13 s. Cette solution peut être adoptée si l'on désire une meilleure qualité du service.

Pour cet immeuble, il faut donc trois appareils de 14 personnes à 1,50 m/s en triplex.

Quel résultat aurions-nous atteint en effectuant le calcul à partir des bases que nous nous étions données.

$$k_1 = 5{,}5 \qquad k_2 = 2{,}8 \qquad A_P = 7{,}45 \text{ (d'après le tableau 109)}$$

$$T_{ar} = \frac{2 \times 24}{1{,}50} + (1{,}50 + 5{,}5)(7{,}45 + 1) + (2{,}8 \times 20) = 147 \text{ s}$$

d'après (127) le nombre d'appareils de 20 personnes est :

$$n = \frac{0{,}32 \times 147}{20} = 2{,}37 \text{ appareils}$$

Soit deux appareils pour lesquels :

$$T_m = \frac{147}{2 \times 2} = 37 \text{ s}$$

Ce temps est supérieur de 23 % à celui que nous nous étions imposé. La qualité du service devient médiocre.

Il est donc bien nécessaire de prendre trois appareils pour retrouver la qualité du service, que nous désirions et, dans ces conditions, trois cabines de 14 personnes au lieu de 20 suffisent, résultat donné par l'abaque.

En effet, le calcul complet fait souvent aboutir à un nombre avec décimales de cabines (ce qui, bien entendu, n'est pas acceptable) pour obtenir le temps d'attente que l'on s'est fixé. Les abaques donnent directement le résultat et offrent un éventail de choix.

VI. — Détermination des monte-charge

A. — *Généralités*

Bien que les éléments constitutifs d'un monte-charge soient à très peu de chose près ceux des ascenseurs, les problèmes de leur détermination n'ont que très peu de points communs, car pour le monte-charge il se pose de façon différente.

Contrairement à ce qui se passe pour les ascenseurs, il n'existe pas de règle générale pour les monte-charge et cela semble suffisant pour que dans l'avenir cette appellation, ou celle d'ascenseur de charge, leur soit conservée

pour les différencier des premiers, bien que les règles de sécurité leur soient communes. Ce monte-charge accompagné est un ascenseur quant aux règlements de sécurité qui le concernent, mais sa destination première à laquelle il doit son nom implique des sujétions de construction et d'installation complètement différentes de celles des ascenseurs.

Il est rare de trouver des ascenseurs avec mouflage ou de vitesse inférieure à 0,70 m/s et il n'est pas courant de trouver des monte-charge non mouflés ou de vitesses supérieures à 0,50 m/s.

Le problème n'est pas le même. Les notions de temps d'attente, si importantes dans les ascenseurs, ne prennent aucune valeur pour les monte-charge. Le débit ne se caractérise plus en personnes par seconde et les arrêts probables n'obéissent plus aux mêmes lois du hasard. Le nombre de niveaux qu'ils ont généralement à desservir est faible par rapport à celui des ascenseurs. Le transport s'applique plus aux objets qu'aux personnes, de la feuille de papier de 3 g à l'autobus de 15 t.

En premier lieu, le maître d'œuvre devra effectuer avec son client un examen et une évaluation précise des conditions d'exploitation. Plus, peut être que pour un ascenseur il faudra qu'il s'efforce de le vivre dans son utilisation.

B. — Examen des conditions d'exploitation

Un certain nombre de questions devront être évoquées portant sur les points ci-après :

1. — Nature des marchandises transportées

Le poids, les dimensions maxima des charges vont, en fonction du débit en tonnes par jour ou simplement en kilogs par heure, permettre de déterminer les dimensions de la benne. Le temps de chargement et de déchargement prend ici des proportions beaucoup plus importantes que dans le cas d'un ascenseur. Il ne faut pas négliger le facteur humain, la fatigue du personnel pouvant par exemple intervenir et influer sur le débit.

Dans ces conditions, il va de soi que l'incidence de la vitesse est faible, en particulier si les courses sont courtes et que le fait de la doubler ou même la tripler n'apporte qu'une infime amélioration. Les déplacements ne représentent qu'une proportion réduite du temps total d'exploitation. Or, augmenter la vitesse conduit le constructeur à changer de type de treuil, à prévoir un moteur plus puissant, un appareillage de commande plus étoffé, à demander au service électrique de l'usine des sections du câble de branchement plus fortes, etc., toutes sujétions dont le coût pèse lourdement sur les possibilités d'amortissement.

La charge utile n'a pas de rapport avec la surface de la benne. Le poids

spécifique des marchandises est essentiellement variable. Cependant, afin d'essayer de standardiser les dimensions des monte-charge, lorsque la nature des marchandises est très variable (c'est le cas d'un entrepôt de produits alimentaires, un magasin de triage d'un transporteur), certains constructeurs spécialisés dans ce genre de matériel donnent les dimensions suivantes aux bennes :

Largeur	*Profondeur*	*Charge*
1 m	1,40 m	500 kg
1,10 m	1,60 m	800 kg
1,20 m	1,80 m	1 000 kg
1,50 m	2 m	1 100 à 2 000 kg

Il est inutile de prévoir un appareil pour transporter exceptionnellement une charge très lourde alors qu'habituellement il sera utilisé pour la manutention de marchandises classiques ou le transport du personnel. Si les dispositions le permettent, il est alors préférable de faire appel pour ce cas particulier à des maisons de manutention, le mònte-charge conservant sa véritable destination.

Il faut éviter l'installation d'un ascenseur de charge, c'est-à-dire d'un appareil accompagné, assorti nécessairement de toutes les sécurités réglementaires, pour le transport de charges non accompagnées dans la majorité des manœuvres. Dans ce cas, un monte-charge non accompagné peut suffire. Sa robustesse n'en sera que plus grande parce qu'il sera plus simple.

Le genre de manutention a une incidence importante sur la constitution de la benne. Lorsqu'elle s'effectue par chariot élévateur, le poids de ce seul engin implique des infrastructures de benne plus conséquentes. Ceci détermine des réserves plus profondes. Il est également prudent de prévoir des butées de fond de benne, des colonnes d'entrée renforcées, des portes palières robustes et à éléments rapidement interchangeables. Il ne faut pas lésiner sur ces dernières, aussi bien que sur la qualité du matériel en général. Les économies ne sont pas payantes car les frais d'entretien, les immobilisations de l'appareil compensent alors par de larges pertes d'exploitation.

Il faut également éviter de demander un appareil pouvant accepter des surcharges de 20 ou 25 % lorsque les manutentions de cet ordre sont exceptionnelles. En effet, les monte-charge, comme les ascenseurs, étant équilibrés à 50 %, une surcharge de 20 % représente en réalité un excédent du double c'est-à-dire 40 % pour le moteur et le treuil. Ces organes doivent donc être prévus en conséquence et sont donc surdimensionnés pour l'exploitation normale. Il est préférable de prévoir la possibilité d'une manutention séparée de ces charges ou, si cela n'est pas possible, de demander au constructeur du monte-charge un contrepoids susceptible de recevoir, à cette occasion, des gueuses supplémentaires qui équilibrent alors l'excédent de poids. Les services d'entretien des maisons d'ascenseurs se chargent de ce genre de travail. L'appareil ne souffre nullement de cette manœuvre exceptionnelle.

2. — Conditions dans lesquelles s'effectue la manutention

Cet examen est essentiel pour la détermination des matériaux destinés à la construction de la benne, du type de moteur à utiliser, de l'appareillage électrique à prévoir, de l'installation électrique à réaliser.

Il faudra signaler en particulier au constructeur la nature du local dans lequel est prévu l'appareil :

— local sec;

— local humide ou mouillé;

— local exposé aux intempéries;

— local poussiéreux (poussières fines ou abrasives, etc.);

— local présentant des risques de corrosion;

— local présentant des risques d'explosion;

— local à température élevée.

Il est en général aisé de prévoir que l'installation sera exposée aux intempéries où à des lavages à grande eau mais, par contre, la nature et la densité des poussières et gaz corrosifs ou explosifs est plus difficile à apprécier. Il est donc nécessaire de prendre tous les renseignements possibles auprès de l'usager afin de transmettre à l'ascenseuriste toutes les données indispensables pour la prévision du matériel qui évitera les ennuis ultérieurs.

Il est par contre superflu de demander, par exemple, un moteur et un appareillage étanches aux poussières lorsque la machinerie est indépendante et bien protégée. Dans ce cas, il est moins onéreux et plus efficient de l'équiper d'un surpresseur. Le matériel étanche représente une incidence relativement importante sur le prix de l'appareil.

Il est prudent de prévoir une ventilation indépendante, éventuellement par gaines calorifugées lorsque la machinerie est située dans un local où la température est élevée. Les moteurs d'ascenseurs sont construits pour fonctionner dans des températures ambiantes ne dépassant pas 40° à 45 °C et il n'existe pas à notre connaissance de fabricant de ce type de moteur pour des températures supérieures.

3. — Entretien des monte-charge

Les usines ont souvent un service entretien autonome. Le matériel électrique est généralement standardisé pour chacune d'elles. Or, les fabricants d'ascenseurs et monte-charge ont leur propre matériel, totalement différent de celui qui se trouve normalement dans les maisons d'appareillage électrique. Ce matériel a été conçu pour s'adapter à l'ensemble des éléments du monte-charge.

Il est évidemment possible d'imposer un autre matériel électrique, en particulier une armoire renfermant l'appareillage standardisé par l'usager, mais les constructeurs ne le conseillent pas et ne prennent pas, en général, la garantie totale du bon fonctionnement.

Il en est de même du moteur. Le moteur d'un monte-charge est différent de celui d'un pont roulant ou d'une grue bien que ce soit aussi un moteur de levage et particulièrement en ce qui concerne les moteurs à deux vitesses. Les constructeurs de moteurs non spécialisés dans la fabrication des moteurs à deux vitesses de monte-charge réalisent de mauvaises machines pour ces derniers. Les treuils souffrent rapidement des excès de couple soit au moment du démarrage, soit au moment du freinage. Les inerties sont mal adaptées, les intensités de démarrage nécessitent des lignes plus importantes etc.

4. — Vitesse des monte-charge

Le choix de la vitesse est important car il conditionne le type de traction et la précision d'arrêt.

Pour les ascenseurs, augmenter le débit en augmentant la vitesse coûte cher. Lorsqu'il s'agit d'un monte-charge, cela devient prohibitif. En effet, les déplacements n'interviennent qu'en faible part dans le temps total d'exploitation. Les temps de chargement et de déchargement comptent dans une proportion beaucoup plus grande que celle des entrées et sorties de passagers. Doubler la vitesse est donc inutile pour obtenir, en fin de compte, une augmentation de 10 % du débit de l'appareil.

Ainsi, sauf dans des cas particuliers de trafic intense et constant, ou de longues courses, ce qui est rare, les vitesses de monte-charge seront faibles, de l'ordre de 0,30 à 0,40 m/s avec moteur à deux vitesses et 0,20 à 0,30 m/s avec moteur à une vitesse.

Les moteurs à deux vitesses seront utilisés lorsque la précision d'arrêt devra être excellente. Ce sera le cas des monte-charge où s'effectue la manutention par chariots à petites roues. Le rapport petite/grande vitesse de ces moteurs pouvant atteindre 1/6, la vitesse de nivelage sera pour une vitesse nominale de 0,40 m/s égale à 6 à 7 cm/s et l'arrêt absolument parfait.

Le moteur à une vitesse pourra être adopté dans les autres situations, mais la grande vitesse ne devra pas excéder 0,30 m/s; la dispersion d'arrêt autour du niveau entre vide et charge est de l'ordre de $\pm$ 5 % de la vitesse exprimée en mm/s (ainsi pour 0,30 m/s, soit 300 mm/s, la précision sera de $\pm$ 15 mm).

Pour les charges manutentionnées à la main, cette valeur, supérieure en qualité à celle des ascenseurs d'immeubles d'habitation, donne pleinement satisfaction. On pourra même l'admettre pour le transport par chariots à petites roues caoutchoutées, lorsque le service ne sera pas intensif.

5. — Isonivelage

Pour les longues courses (supérieures à 15 m treuil en haut ou à 10 m treuil en bas), il peut arriver que lors du chargement, l'allongement des câbles ou, lors du déchargement, leur raccourcissement provoque une dénivellation trop importante pour permettre le passage des roues d'un chariot : on doit alors prévoir un dispositif d'isonivelage automatique ou manuel.

Avec l'isonivelage le moteur sera du type à deux vitesses, car pour que la précision obtenue par cette opération soit valable dès la première manœuvre sans « pompage », la petite vitesse doit être inférieure à 0,12 m/s maximum. Certains constructeurs poussent cette valeur à 0,25 m/s, mais nous croyons que ce n'est pas recommandable car le frein doit être réglé avec un serrage sec pour que la précision soit acceptable. La butée du treuil prend assez vite du jeu et les garnitures s'usent rapidement.

C. — Tableau de détermination

Nous donnons ci-après la liste d'un certain nombre de questions que doivent se poser les maîtres d'œuvre pour la détermination d'un monte-charge, liste extraite d'un questionnaire d'un fabricant :

1° A quel usage est destiné l'appareil ?

Transport de personnel

Nombre maximum prévu de personnes par voyage.

Pourcentage du trafic en transport de personnel.

Transport de charges

Poids maximum.

Dimension maxima.

Fragilité.

Type de manutention lors des chargements et déchargements.

Pourcentage du trafic en transport de charges.

Transport de chariot

Poids maximum du chariot à vide.

Poids maximum du chariot en charge.

Dimensions hors tout.

Poids par essieu.

Diamètre et nature des roues du chariot.

Précision d'arrêt à prévoir.

2° Service

Nombre maximum de manœuvres par heure (pointe).
L'appareil est-il indispensable à la production?
L'appareil est-il indispensable à la rapidité d'action du personnel?

3° Usagers

L'appareil est-il réservé à une certaine catégorie de personnel... Laquelle?

4° Fonctionnement

Quelle est l'activité de l'industrie ou du commerce?

L'appareil sera-t-il soumis :

aux intempéries (pluie, vent, neige, verglas);
à l'humidité;
aux lavages fréquents;
aux vapeurs chimiques : nature;
aux poussières : nature;
aux vapeurs explosives;
à des températures élevées;
à des vibrations?

Quelle est la nature du sol?

5° Equipement électrique et moteur

Sont-ils standardisés dans l'usine?

6° Règlement de sécurité

Existe-t-il des règlements spéciaux dans l'établissement?

CHAPITRE VI

IMPLANTATION

I. — Généralités

Dans les chapitres précédents, nous avons étudié le matériel dans ses principaux éléments et considéré la détermination des appareils quant à leur vitesse et à leur capacité. Nous allons dans ce chapitre examiner les conditions dans lesquelles les appareils peuvent être installés et déterminer les dimensions auxquelles doivent satisfaire les travaux de gros œuvre pour permettre une implantation correcte.

La gaine, les baies palières, les machineries doivent être constituées de telle sorte que le plan soumis aux constructeurs puisse recevoir les appareils sans avoir à apporter des modifications qui influent nécessairement sur d'autres parties de l'immeuble ou, si elles ne sont pas réalisables, imposent à ceux-là des fabrications spéciales qui, tout en augmentant le prix de l'installation, ne possèdent pas les qualités que leur confère l'expérience en raison de leur caractère nouveau.

Le matériel détermine un certain nombre de sujètions auxquelles il faut obligatoirement faire face, la réglementation obligeant à certaines règles qu'il n'est pas possible d'éviter. Réglementation et matériel interfèrent de telle sorte qu'il est impossible de les considérer séparément. Les considérations qui suivent ont pour but de faire éviter au maître d'œuvre la plupart des écueils en expliquant les raisons qui motivent certaines dispositions à prendre plutôt que d'autres et en décelant les difficultés qu'à leur insu ils créent parfois, tant pour l'entreprise de gros œuvre que pour l'installateur, en négligeant des données élémentaires.

Nous rappellerons en premier lieu, les dispositions générales que le projeteur du plan de l'immeuble ne doit pas ignorer et examinerons les limites minimales dans lesquelles le matériel doit être monté, en accord avec la réglementation à laquelle nul ne peut se soustraire. Ces divers points conditionnent les dimensions de la gaine et de la machinerie, c'est-à-dire les portions de plans que le maître d'œuvre communiquera à l'installateur pour lancer son appel d'offres.

Il conviendra de ne pas perdre de vue que l'ascenseur est un complexe

électromécanique qui ressort de tolérances d'installation dont l'ordre est le millimètre, complexe formé d'un nombre important de pièces détachées rassemblées dans un ensemble maçonné dont les tolérances de construction sont d'un ordre beaucoup plus élevé, soit en plus (mais là n'est pas le danger car l'ascenseuriste prévoit des réglages) soit, et c'est le point important, en moins.

La surface ne doit pas être gaspillée car elle est onéreuse, mais n'oublions pas qu'ascenseur ou monte-charge ne sont pas choses inanimées. Ils vivent intensément et vont parfois être soumis à dure épreuve. Des soins devront leur être prodigués, régulièrement, au cours de leur existence. Il est donc indispensable que dès l'origine du projet, si le choix des éléments a été convenablement effectué, l'installation qui lui succède puisse être réalisée et entretenue dans de bonnes conditions et pour ce faire dans une surface et des hauteurs minimales.

Cette étude sera limitée à l'installation dans des bâtiments neufs, celle d'appareils dans des bâtiments anciens revêtant en effet un aspect particulier. Il est préférable de soumettre le problème à un spécialiste qui, en accord avec le constructeur, pourra en élaborer l'étude complète.

Vitesse, type de porte et capacité ayant été déterminés, le projeteur peut effectuer l'implantation, son rôle consistant à prévoir judicieusement l'emplacement, la disposition et les dimensions de la gaine, des accès, de la machinerie.

Nous situerons en premier lieu l'ascenseur dans l'immeuble.

Nous examinerons ensuite l'incidence de la réglementation sur les dimensions de la gaine tant en surface qu'en hauteur. Nous ferons ensuite intervenir le matériel avec ses propres encombrements. Nous étudierons les dispositions les plus fréquemment rencontrées et d'autres inévitables, mais à considérer plus attentivement.

II. — Emplacement de la gaine

L'ascenseur doit être d'accès facile et de telle sorte qu'il permette une répartition rationnelle des personnes dans les étages ou inversement pour que les usagers y parviennent sans effectuer de détour inutile. En particulier, dans les immeubles élevés où l'escalier ne sert pratiquement pas, l'ascenseur doit être central si la surface des étages n'est pas importante, sinon plusieurs appareils doivent être prévus en différents points du bâtiment.

Dans les immeubles G H, l'ascenseur ou le monte-charge à dispositif prioritaire doit être à une distance au plus égale à 50 m des voies auxquelles les engins des sapeurs-pompiers ont accés pour circuler ou stationner.

Si les appareils constituent une batterie, ils doivent être disposés côte-à-côte ou face-à-face lorsque leur nombre est supérieur ou égal à quatre, cette

disposition évitant aux usagers d'hésiter sur le choix de l'une ou l'autre des cabines.

Des batteries indépendantes dans les immeubles de grande hauteur peuvent être disposées dos à dos, ce qui permet d'établir autour du bloc vertical des gaines en béton armé des circulations et dégagements qui offrent la possibilité d'une desserte générale de chaque étage.

Les gaines de contrepoids ou de cabines doivent être prolongées à leur partie inférieure jusqu'au sol ferme à moins que :

— soit installée sous les amortisseurs ou butées une pile de résistance suffisante descendant au sol ferme ou tout autre dispositif donnant des garanties suffisantes;

— ou que l'organe suspendu (contrepoids, cabine) soit muni d'un parachute.

Cette obligation est valable quel que soit le type d'appareil, même s'il s'agit d'un simple monte-plats ou monte-dossiers. L'adjonction d'un parachute sur contrepoids ou sur benne et contrepoids d'un monte-dossiers est très onéreuse.

Il est intéressant de situer les gaines dans des conditions telles qu'elles ne forment pas cheminée d'appel d'air, c'est-à-dire avec les portes palières débouchant sur une cage d'escalier ou située elle-même dans un hall d'une hauteur égale à la totalité des étages desservis. En effet, on sait que si la gaine n'est pas disposée ainsi, les portes palières et les parois doivent être d'un degré de résistance au feu plus élevé, ce qui a bien entendu, une importante incidence sur le coût de l'installation.

D'autre part, la Commission Internationale de Réglementation des Ascenseurs prévoit dans son projet que lorsque la gaine est susceptible de former cheminée d'appel d'air, elle doit être munie de dispositif de ventilation permettant, en cas d'incendie, l'évacuation à l'extérieur des fumées et gaz chauds lorsque sa hauteur est supérieure à 15 m, c'est-à-dire dans la majorité des cas.

III. — Incidence de la réglementation

A. — Réglementation actuelle et projets en cours

La réglementation actuelle se présente sous deux aspects :

— d'une part la norme NF P 82 201 dont le caractère est général;

— d'autre part, le D.T.U. n° 75-1 qui se rapporte, on l'a vu, exclusivement aux bâtiments à usage d'habitation.

Tandis que la norme s'embarasse dans des considérations « de distances, d'excédents », etc., le C.S.T.B. avec juste raison et d'une façon plus simple, impose des dimensions auxquelles doivent satisfaire les gaines aussi bien

en surface qu'en hauteur. Il est à regretter que sur ce dernier point le D.T.U. ne se soit pas imposé en ce qui concerne les réserves au-dessus de la cabine, c'est-à-dire pour la hauteur de la dalle formant la partie supérieure de la gaine, au-dessus du dernier niveau desservi.

Cette cote doit être fixée par le constructeur d'ascenseur, et c'est là prendre le problème à l'envers, car le maître d'œuvre a besoin de cette cote avant de consulter l'ascenseuriste et suivant le matériel de ce dernier, des difficultés peuvent se présenter quant à son choix si la cote n'est pas suffisante pour l'installation d'éléments standards.

D'autre part, l'examen des dimensions des réserves supérieures (calculées d'après la norme NF P 82 201) et de la cuvette (d'après le D.T.U. pour les immeubles d'habitation, d'après la norme pour les autres) font ressortir des valeurs insuffisantes en ce qui concerne la sécurité du personnel de montage et d'entretien.

Ce point de vue n'a pas été suffisamment respecté : il est donc, dans l'état actuel de la réglementation, impossible à un homme de se protéger contre un éventuel coincement soit entre haut de gaine et toit de cabine lorsqu'il est sur celle-ci, soit entre bas de gaine et fond de cuvette lorsqu'il est dans cette dernière.

A une époque où les conditions de sécurité des travailleurs sont régies par des textes de plus en plus nombreux, il semble qu'il soit nécessaire de combler cette lacune. Les accidents ne sont fort heureusement pas nombreux car le personnel est habitué, mais ils sont généralement très graves. Le projet de normalisation internationale de la C.I.R.A. (Commission internationale pour la réglementation des ascenseurs et monte-charge) et la Fédération européenne de la manutention -(section VII. Ascenseurs et Monte-charge), tiennent compte des conditions de sécurité du personnel tant en ce qui concerne la réserve supérieure que la profondeur de la cuvette.

Il est indispensable que l'Afnor apporte rapidement une modification aux articles de la norme NF P 82 201 qui intéressent cette partie de la sécurité. Trop d'ascenseurs sont actuellement installés qui ne présentent aucune des garanties indispensables à la sécurité des travailleurs.

Nous noterons au passage que A.F.N.O.R., C.S.T.B., C.I.R.A. et F.E.M. donnent leurs dimensions propres. Celles-ci ne sont, bien entendu, pas identiques bien qu'à l'heure du Marché commun, les mêmes constructeurs se retrouvent à peu près tous dans chaque pays de l'Europe occidentale. Nous pensons qu'il serait souhaitable que les maîtres d'œuvre sachent dans un proche avenir à quoi s'en tenir sur les recommandations que chaque organisme leur dispense, la norme NF P 82 201 étant insuffisante sur certains points, comme nous venons de l'exposer ou comportant des calculs à partir de matériels qui peuvent varier suivant les constructeurs.

Nous allons examiner en premier lieu les données du D.T.U. dans leur simplicité en reprenant le tableau de ce document, et en second lieu les termes de la norme NF P 82 201 en illustrant par des exemples le calcul dont le maître d'œuvre doit tenir compte pour l'élaboration de son projet.

B. — D.T.U. n° 75-1 (août 1963)

Le D.T.U. donne le tableau de la page 218 en ce qui concerne les dimensions des gaines et des machineries.

Les cotes des gaines sont applicables quel que soit le type d'appareil ascenseur ou monte-charge et quel que soit le type de porte, battantes avec paroi lisse, automatiques sur palier et cabine, coulissantes avec paroi lisse. Éventuellement, ces dimensions peuvent être utilisées pour tous types d'immeubles, habitation, buildings d'affaires, etc., avec cependant la réserve suivante : les appareils doivent comporter machinerie en haut et ne doivent pas être munis de mouflages. Par contre, les dimensions des machineries sont seulement valables pour les immeubles d'habitation, c'est-à-dire avec manœuvre collective-descente.

Les appareillages correspondant aux manœuvres collectives montée-descente des immeubles de bureaux occupent une surface plus importante et il convient alors de se reporter aux dimensions que nous donnons ci-après dans l'étude des dimensions des machineries.

C. — NF P 82 201

La norme N F P 82 201 donne deux groupes de cotations qui influent, d'une part, sur la surface de la gaine, d'autre part, sur ses dimensions en hauteur.

1. — Incidence sur la surface

La norme intitule son paragraphe 2 - 6 « Jeux entre organes mobiles et gaine et entre organes mobiles ».

Ces jeux comprennent :

A) LES JEUX ENTRE CABINE ET PAROIS DE SERVICE (fig. 149)

I. — *En premier lieu, pour les appareils du groupe I* (ascenseurs et monte-charge accompagnés) *munis de portes de cabine et les appareils du groupe II* (appareils non accompagnés mais pénétrables) :

a) Le jeu entre le bord du seuil de cabine et le bord du seuil de palier, à chaque niveau desservi doit être compris entre 1,5 et 3 cm.

Si d'autre part, en raison d'un faux aplomb dans la construction, le palier doit être muni d'un seuil rapporté, dans le cas de porte palière non pleine,

la distance horizontale entre le nu extérieur de la porte palière et le bord du seuil palier doit être au minimum de 6 cm.

Les seuils doivent être munis d'un garde-pieds de 16 cm de haut.

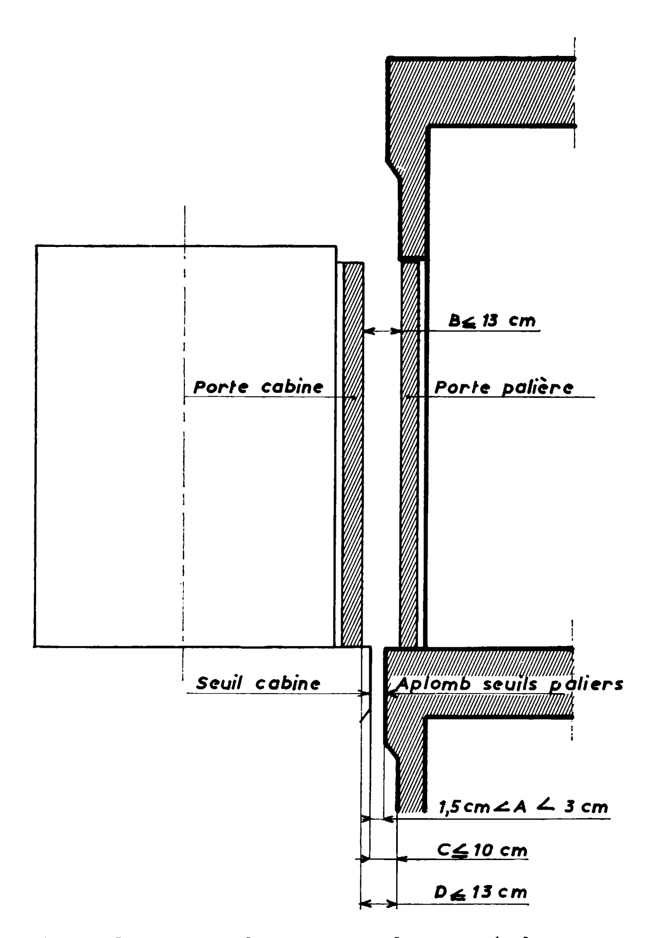


FIG. 149. — *Jeux entre cabine et parois de service (cabine avec porte).*

b) La distance entre le nu extérieur de la porte cabine et le nu intérieur de la porte palière ne doit pas dépasser 13 cm.

c) L'espace libre entre le bord du seuil de cabine et les parois de la gaine ne doit pas dépasser 10 cm. Au-dessus de cette dimension, la porte de cabine doit elle-même être munie d'une serrure automatique combinée avec une condamnation telle que l'ouverture de la porte cabine ne soit possible qu'au niveau des étages desservis par elle. Cette disposition particulièrement

onéreuse est à éviter. Elle ne se rencontre généralement pas dans les bâtiments neufs mais n'est pas rare pour les monte-charge à installer dans des bâtiments industriels ou commerciaux existants.

d) L'espace libre entre le nu extérieur de la porte cabine et les parois de la gaine ne doit pas dépasser 13 cm. Au-delà, des mesures identiques aux précédentes doivent être prises.

Cette dernière mesure de protection est prise pour que dans le cas où l'appareil serait arrêté entre étages, l'imprudence ou l'inattention des passagers ne provoque un accident dû à une chute dans la gaine après ouverture de la porte de cabine.

II. — *En second lieu, pour les appareils du groupe I sans porte de cabine, c'est-à-dire, les appareils dits « à paroi lisse »* (fig. 150) :

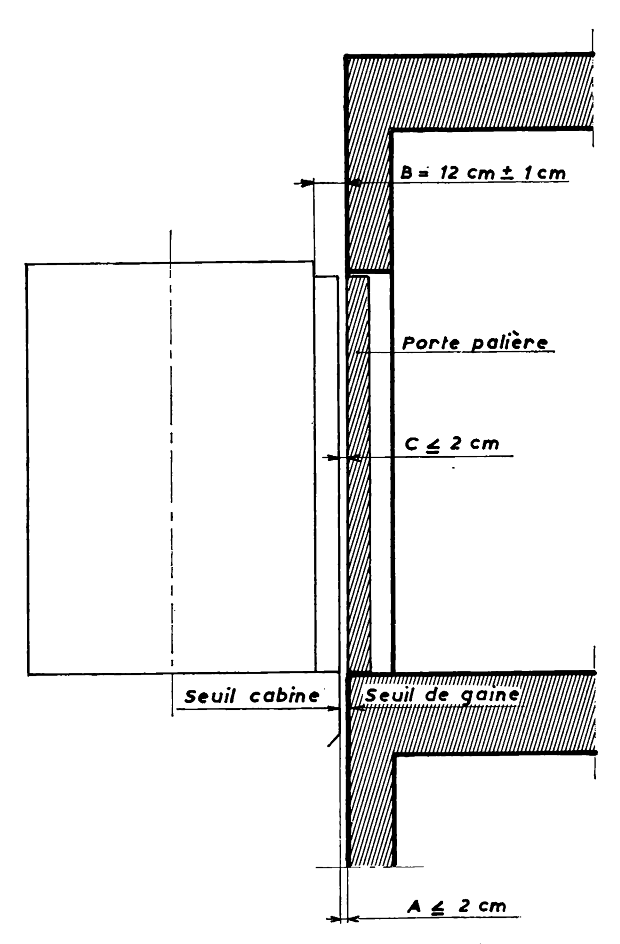


FIG. 150. — *Jeux entre cabine et parois de service (cabine sans porte).*

a) Le jeu entre le seuil de cabine et la gaine et le jeu entre les montants verticaux de l'encadrement de la baie de cabine et la gaine doit être inférieur ou égal à 2 cm.

b) Si la hauteur libre de la baie de cabine est inférieure à 2,50 m, le jeu entre la traverse supérieure de l'encadrement de cette baie et la gaine doit être égal à 12 cm + 1 cm.

Cette dernière disposition est rappelée pour mémoire bien qu'elle n'intervienne pas dans l'implantation elle-même. Elle est consécutive à des accidents survenus par coincement de la main, en descente, imprudence manifeste des passagers.

B) JEUX ENTRE ORGANES ET PAROIS DE GAINE AUTRES QUE LES PAROIS DE SERVICE

Ces jeux intéressant les parois de cabine et les parois de la gaine doivent être au maximum de 3 cm. Les constructeurs réservent généralement sur leurs plans une distance de 5 cm minimum en raison des faux aplombs rencontrés dans la construction, des saillies éventuelles des ceintures de béton à chaque palier.

En ce qui concerne le contrepoids, deux dispositions sont prises :

— contrepoids guidé rigidement : le jeu entre le contrepoids et parois de gaine doit être de 3 cm minimum. Dans ce cas, également, les constructeurs prévoient 5 cm pour parer aux faux aplombs éventuels;

— contrepoids guidé par fils : jeu supérieur à 5 cm + 1/1 000 de la hauteur de la gaine en centimètres, avec un minimum de 5 cm.

C) JEUX ENTRE ORGANES MOBILES

Entre cabine et contrepoids guidé rigidement, prévoir un minimum de 3 cm. Les constructeurs sont plus prudents et en prévoient généralement 5. Entre cabine et contrepoids guidé par fils : jeu minimum de 7 cm + 1/1 000 de la hauteur de la gaine en centimètres, avec minimum de 7 cm.

Si plusieurs appareils sont installés dans la même gaine, la distance entre le bord du toit de cabine d'un appareil et les organes mobiles du ou des appareils contigus doit être au minimum de 40 cm. Cet intervalle peut être réduit à 5 cm si une affiche apposée dans le local de machinerie prescrit que pendant les travaux d'entretien d'un appareil nécessitant la présence de personnel dans la gaine (en dehors de la cabine) le ou les appareils contigus doivent être mis à l'arrêt par l'ouverture de l'interrupteur principal ou des interrupteurs principaux.

Lorsque l'organe mobile est un contrepoids guidé par fils, le jeu doit être supérieur à 7 cm + 1/1 000 de la hauteur de la gaine avec un minimum de 7 cm.

D'autre part, pour les appareils des groupes I et II, les cuvettes des appareils installés dans la même gaine doivent être séparées sur une hauteur

d'au moins 2 m. Cette séparation, recommandée par la norme dans le cas des appareils du groupe III, nous semble, dans ce cas, présenter une utilité plus grande encore en raison de l'exiguïté de certaines gaines des petits monte-charge.

L'ensemble de ces dernières précautions est pris pour la protection du personnel d'entretien dont l'accès dans les gaines est quotidien.

2. — Influence sur la hauteur de la gaine

La réglementation impose des distances à respecter aux extrémités de la course des ascenseurs et monte-charge :

— dimensions de la cuvette;

— réserves supérieures au-dessus de la cabine et au-dessus du contrepoids.

A) DIMENSIONS DE LA CUVETTE

A la partie inférieure de la gaine doit être aménagée une cuvette au-dessous du niveau le plus bas desservi par la cabine, cuvette qui doit être à l'abri des poussières, des vapeurs nuisibles et de l'humidité.

Lorsque la profondeur de la cuvette dépasse 1 m, des échelons n'engageant pas le gabarit de l'appareil doivent être prévus pour descendre en son fond.

La profondeur de la cuvette mesurée à partir du niveau le plus bas desservi par la cabine doit être au moins égale à la somme des valeurs suivantes :

— longueur totale des amortisseurs détendus ou des butées;

— distance entre la partie supérieure du plancher de la cabine et la partie inférieure de sa plaque de butée augmentée de :

7,5 cm dans le cas d'amortisseurs;

20 cm dans le cas de butées.

Lorsque les câbles de traction doivent être équilibrés, une profondeur supplémentaire doit être prévue pour loger, s'il y a lieu, les poulies de renvoi des câbles de compensation.

B) RÉSERVES SUPÉRIEURES

I. — AU-DESSUS DE LA CABINE

Lorsque la cabine est au niveau de service supérieur, la réserve supérieure minimale au-dessus de cette cabine est constituée pour les appareils à contre-poids, c'est-à-dire ceux qui forment la grande majorité des ascenseurs et monte-charge modernes, d'une partie fixe d_1 qui dépend de la vitesse et du type de traction utilisé (tableau ci-contre) augmentée des deux valeurs suivantes :

— l'excédent d_2 sur 0,10 m du jeu entre plaques de butée et amortisseur détendu de contrepoids (cet excédent ne devant pas dépasser 0,60 m);

— l'excédent d_3 de la course possible de l'amortisseur de contrepoids sur la course minimale de l'amortisseur donnée par $\frac{(1,15\ V)^2}{2\ g}$ (V étant la vitesse de l'appareil) (avec un minimum de 5 cm pour d_3).

II. — AU-DESSUS DU CONTREPOIDS

Lorsque la cabine est au niveau de service inférieur, la réserve supérieure au-dessus du contrepoids doit être au moins égale à la somme des trois valeurs suivantes :

— la hauteur d_1 de la réserve supérieure minimale au-dessus de la cabine donnée par le tableau ci-contre diminuée de 0,10 m;

— l'excédent d_5 sur 0,10 m du jeu entre plaque de butée et amortisseur détendu de cabine;

— l'excédent d_6 de la course possible de l'amortisseur calculée comme ci-dessus.

Type d'appareils	*Vitesse en m/s*	*Distance au-dessus du contrepoids*
Appareils à une vitesse	0,25	$d_1 = 0,25$ m
	0,40	$d_1 = 0,26$ m
	0,50	$d_1 = 0,28$ m
	0,70	$d_1 = 0,33$ m
	0,80	$d_1 = 0,38$ m
Appareils à deux vitesses	0,40	$d_1 = 0,25$ m
	0,50	$d_1 = 0,25$ m
	0,60	$d_1 = 0,27$ m
	0,80	$d_1 = 0,31$ m
	1,00	$d_1 = 0,35$ m
	1,20	$d_1 = 0,39$ m
Appareils à tension variable	0,80	$d_1 = 0,29$ m
	1,00	$d_1 = 0,33$ m
	1,20	$d_1 = 0,36$ m
	1,40	$d_1 = 0,39$ m
	1,50	$d_1 = 0,40$ m
	2,00	$d_1 = 0,50$ m
	2,50	$d_1 = 0,60$ m
	3,00	$d_1 = 0,70$ m
	4,00	$d_1 = 0,80$ m

D. — *Installation des portes*

Avant d'étudier l'implantation générale, nous allons en premier lieu examiner la façon dont les principaux types de portes influent à la fois sur la largeur et sur la longueur de la gaine.

Bien souvent, le projeteur du plan d'ensemble de l'immeuble ne tient pas compte de cette incidence : il en ressort des surprises désagréables que les renseignements ci-après permettront d'éviter dans la mesure du possible.

Les cotes indiquées ne sont pas rigoureuses et peuvent varier d'après les constructeurs. Cependant, elles donneront des moyennes qui viendront s'insérer dans le calcul de la dimension de la gaine et nous pensons qu'elles permettront d'éviter les erreurs qui se produisent trop souvent.

L'incidence des portes, en particulier dans la longueur de la gaine est, comme nous allons le voir, loin d'être négligeable.

Nous considérons successivement :

1° les portes utilisées en paroi lisse :

- *a*) portes battantes à un vantail;
- *b*) portes coulissantes à éléments articulés s'effaçant dans la gaine;

2° les portes automatiques :

- *a*) portes à ouverture centrale avec façade maçonnée;
- *b*) portes à ouverture centrale avec façade tôlée;
- *c*) portes à ouverture centrale télescopique;
- *d*) portes à ouverture latérale télescopique;
- *e*) portes livres.

1. — Portes utilisées en paroi lisse

Les portes utilisées en paroi lisse sont les plus fréquemment rencontrées et elles le demeureront tant que le système paroi lisse sera conservé.

A) PORTES BATTANTES A UN VANTAIL (fig. 151)

La porte battante à un vantail est évidemment la plus simple à prévoir sur le plan. Sa paroi interne formant surface continue avec la paroi de la gaine, l'épaisseur de la porte s'inscrit vers l'extérieur de celle-ci. Cependant, pour permettre la finition de la paroi lisse, la cote B′, saillie du seuil palier par rapport à la maçonnerie brute doit être prévue et être de :

— 15 mm, lorsque la paroi lisse est en ciment;
— 30 mm, lorsque la paroi lisse est constituée par des plaques de tôle.

La largeur de baie est fonction de la largeur de la porte.

En général sa dimension est égale à la largeur de la porte + 0,30 m.

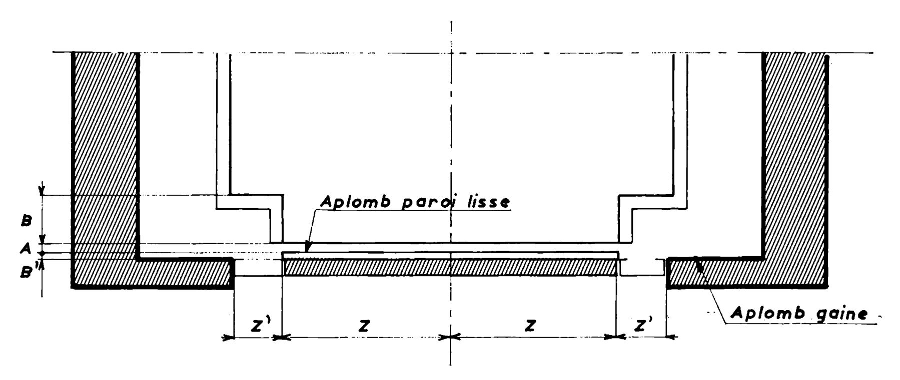


FIG. 151. — *Travaux de maçonnerie pour implantation de porte battante à un vantail pour paroi lisse (cabine sans porte).*

Les huisseries des portes battantes à un vantail sont maintenues par des pattes scellées dans la maçonnerie. Il convient de demander au fabricant, en temps opportun, les renseignements nécessaires à la réservation des trous de scellement ou de prévoir à l'avance leur communication, au maçon.

Dans la profondeur (ou longueur) de la gaine, il faut tenir compte de deux dimensions indépendantes de la surface de la cabine :

— la distance A de 2 cm entre les seuils cabine et palier;
— la profondeur B du seuil cabine, soit 10 cm environ.

De sorte que dans un appareil à paroi lisse, la somme des trois cotes B', A et B, soit 13,5 cm (paroi lisse ciment), 15 cm (paroi lisse tôlée) intervient dans le calcul de la profondeur de la gaine indépendamment de la profondeur de la cabine elle-même.

B) PORTES COULISSANTES A ÉLÉMENTS ARTICULÉS S'EFFAÇANT DANS LA GAINE (fig. 152)

Ce modèle de porte est pratiquement réservé aux monte-charge, tout au moins dans les réalisations récentes.

Son implantation est soumise à un certain nombre de sujétions de par sa constitution.

Les cloisons formant la façade palière de la gaine doivent être prévues en retrait par rapport à l'aplomb de la paroi lisse. Cette cote B est de l'ordre

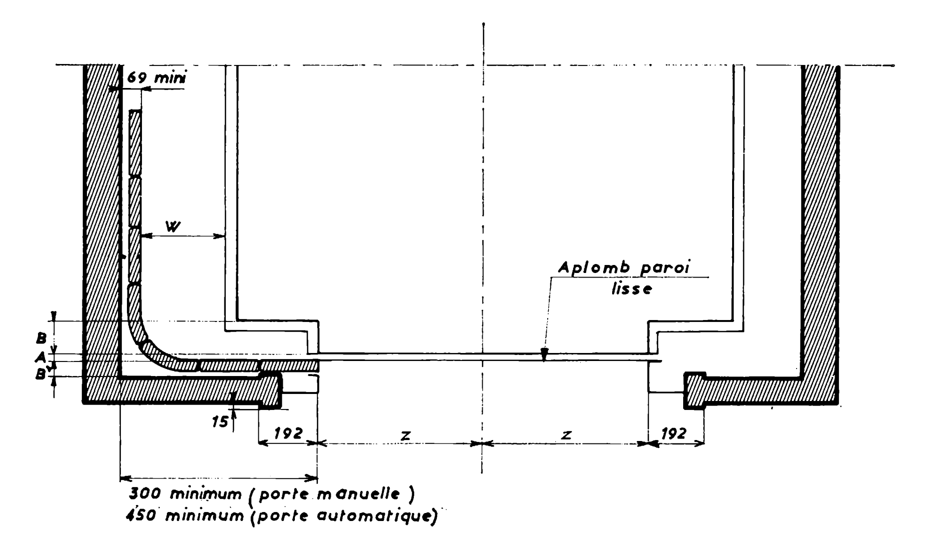


FIG. 152. — *Travaux de maçonnerie pour implantation de porte à éléments articulés pour paroi lisse (cabine sans porte).*

de 80 mm. Ce retrait permet l'installation des rails supérieur et inférieur de coulissement des galets porteurs et des galets conducteurs.

La distance A entre seuils palier et de cabine est toujours de 2 cm mais, par contre, la cote B du seuil cabine peut être réduite à zéro lorsque le passage libre cabine correspond à la largeur de la cabine.

Sur la figure 152 un seuil cabine a été prévu car la largeur de la baie cabine est inférieure à la largeur de la cabine elle-même.

La distance W entre la paroi extérieure de la cabine et l'élément de porte est en général de l'ordre de 15 cm car il faut que l'angle extrême de la cabine soit au minimum à 3 cm de la porte. Mais, le plus souvent, les bennes de monte-charge ayant en longueur des dimensions qui ne permettent pas la traction directe ou bien la vitesse choisie étant telle qu'il est nécessaire de prévoir un mouflage, le contrepoids d'équilibre est situé sur le côté.

2. — Portes automatiques

Les portes automatiques, assez rares il y a quelques années, sont de plus en plus utilisées. Leur implantation ne présente aucune difficulté dans un immeuble nouveau mais il faut également, dans le calcul de la profondeur de la gaine et la construction de la façade, tenir compte des dimensions importantes auxquelles elles assujettissent l'installation.

A) PORTES A OUVERTURE CENTRALE AVEC FAÇADE MAÇONNÉE (fig. 153)

Avec ce type de porte, il faut que la cloison de façade soit prévue en retrait de l'aplomb de la gaine.

Le retour fini de baie palière doit tenir compte de l'intervalle *i* entre l'extrémité finie de la baie et le panneau de porte, distance qui, bien que sans précision dans la norme, doit pour des raisons de sécurité et d'esthétique être inférieure à 5 mm.

Le panneau de porte est de l'ordre de 60 mm et le seuil palier déborde de la face interne du panneau de porte de 20 mm environ. Le retrait de la cloison, cote B′, doit donc être de 80 mm environ par rapport à l'aplomb brut de la gaine supposée rigoureusement dans le même plan vertical.

La distance A entre seuils palier et cabine est de 30 mm; la saillie du seuil cabine par rapport à la face externe du panneau cabine est de 20 mm environ; la distance entre la face interne du panneau porte cabine et l'intérieur de la cabine est de 40 mm en moyenne.

Ainsi, l'intérieur de la cabine est à environ :

$$20 + 30 + 20 + 60 + 40 = 170 \text{ mm}$$

de l'aplomb de la gaine, et à environ :

$$170 + 80 = 250 \text{ mm}$$

de la paroi interne de la façade palière.

Ce sont donc des dimensions qu'il n'est pas possible, même dans un avant-projet, de négliger.

D'autre part, de façon générale, le sol brut est prévu à 1,05 m à peu de

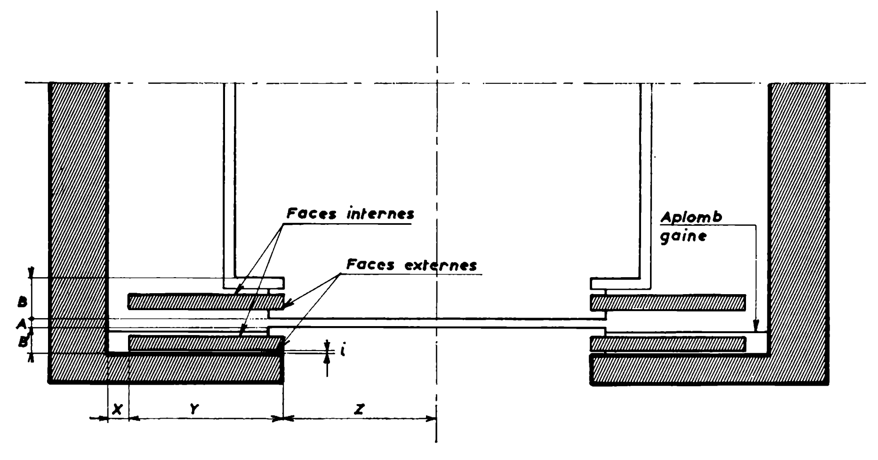


Fig. 153. — *Travaux de maçonnerie pour implantation de porte coulissante à deux vantaux à ouverture centrale (même porte sur cabine).*

chose près du trait de niveau. Mais, ces 5 cm ne suffisent pas dans la plupart des cas pour installer le seuil palier qui comprend le seuil proprement dit et le rail de guidage des galets inférieurs de la porte. Il est nécessaire de

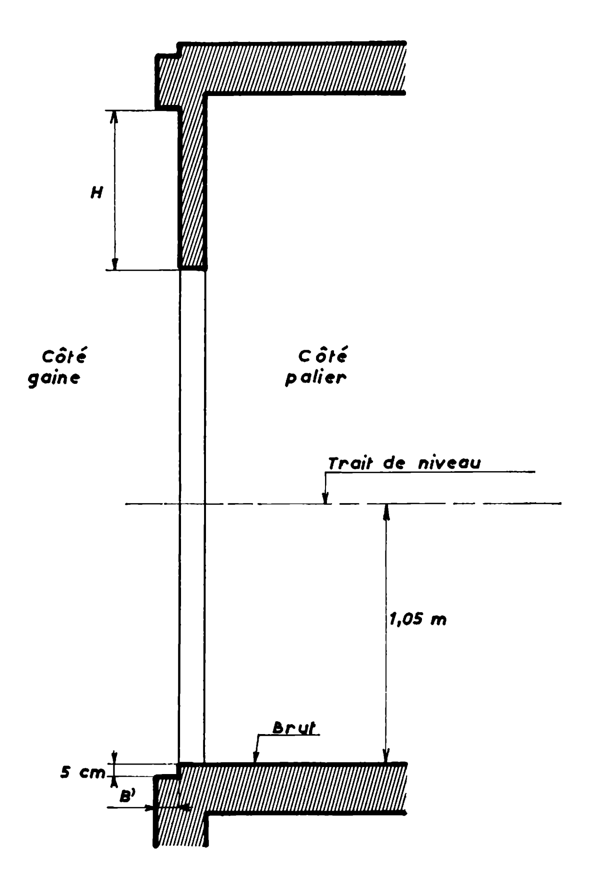


FIG. 154. — *Vue en coupe de la face de la gaine pour implantation d'une porte coulissante à deux vantaux.*

prévoir une feuillure supplémentaire de 4 ou 5 cm pour le logement de ce matériel (fig. 154).

De même, au-dessus du linteau supérieur, un logement pour le mécanisme doit être prévu. Mais ses dimensions étant très sensiblement variables suivant le constructeur, il n'est pas possible de donner de précision, si ce n'est l'ordre de grandeur de la cote H, 40 à 50 cm.

Nous conseillons vivement aux maîtres d'œuvre d'exiger de la part du maçon le tracé du trait de niveau à l'intérieur même de la gaine. Cette

simple précaution évitera de nombreux malentendus et permettra aux divers corps d'état d'effectuer plus commodément et avec plus de sûreté leur propre travail.

Il en est ainsi également des axes de référence du bâtiment afin que les portes, dallages, cloisons soient en parfaits alignements et non, comme on le voit trop souvent, en « queue de billard », lorsque les dispositions permettent de l'éviter.

Ces quelques remarques sont bien entendu valables quel que soit le type de porte.

B) PORTES A OUVERTURE CENTRALE AVEC FAÇADE TOLÉE (fig. 155)

Le problème, les distances et les réservations sont les mêmes que pour la porte précédente, mais la baie finie doit être prévue d'une dimension

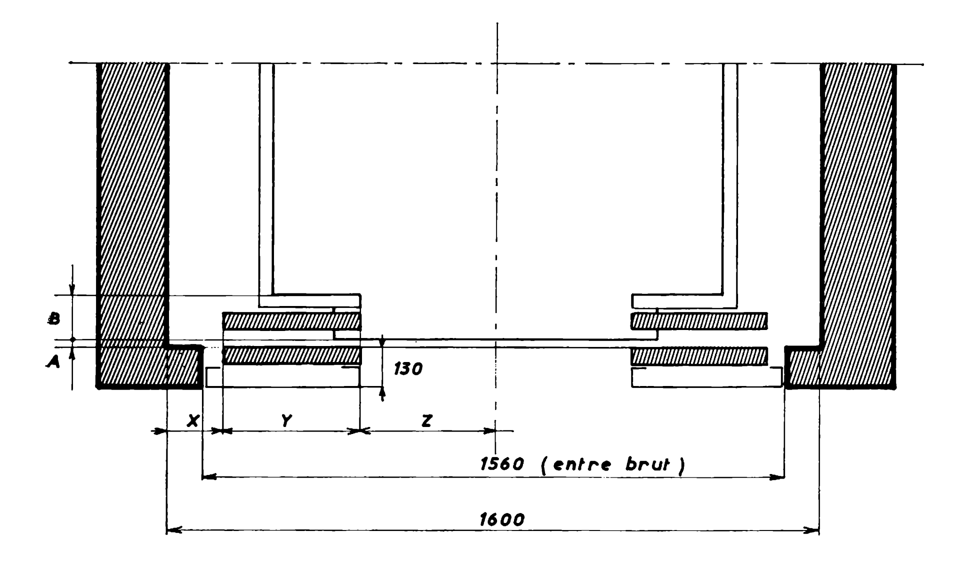


FIG. 155. — *Travaux de maçonnerie pour implantation de porte coulissante à deux vantaux à ouverture centrale avec façade tôlée sur toute la hauteur de la baie (même porte sur cabine)*

supérieure de 10 cm au double du passage libre, de 16 cm pour une baie brute.

Ainsi, pour la porte de 0,70 m une largeur entre brut de 1 400 + 160 = 1 560 cm est nécessaire.

C) PORTES TÉLESCOPIQUES A OUVERTURE CENTRALE (fig. 156)

Les mêmes sujétions imposent :

B′ = 5 + 60 + 5 + 60 + 20 = 150 mm.

A = 30 mm.

B = 20 + 60 + 5 + 60 + 5 + 30 = 180 mm.

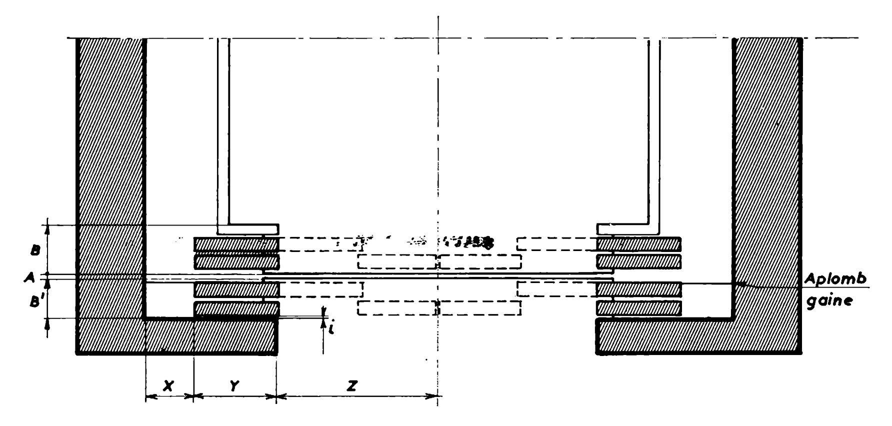


FIG. 156. — *Travaux de maçonnerie pour implantation de porte coulissante à quatre vantaux télescopiques à ouverture centrale (même porte sur cabine).*

D) PORTES TÉLESCOPIQUES A OUVERTURE LATÉRALE (fig. 157)

Les cotes B′ A et B sont les mêmes, ainsi qu'on le voit sur la figure, que

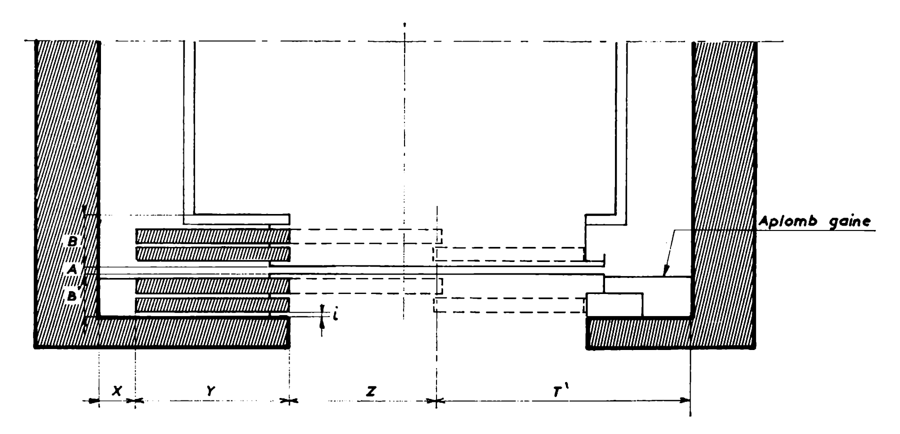


FIG. 157. — *Travaux de maçonnerie pour implantation de porte coulissante à deux vantaux télescopiques à ouverture latérale (même porte sur cabine).*

celles de la porte précédente

B′ = 150 mm A = 30 mm B = 180 mm.

Toutefois, cette porte ne présentant d'intérêt que lorsque la gaine est étroite et s'il n'est pas possible d'installer une porte à ouverture centrale, la distance T′ entre l'axe de la porte et le côté de la gaine est au minimum égale à Z + 30 cm.

E) PORTES LIVRES (fig. 158)

La dimension de la porte repliée Y est de l'ordre de 10 à 15 cm et le seuil cabine B est de 18 cm environ et A = 30 mm. Ainsi, la face interne de la cabine est à 21 à 22 cm de l'aplomb de la gaine.

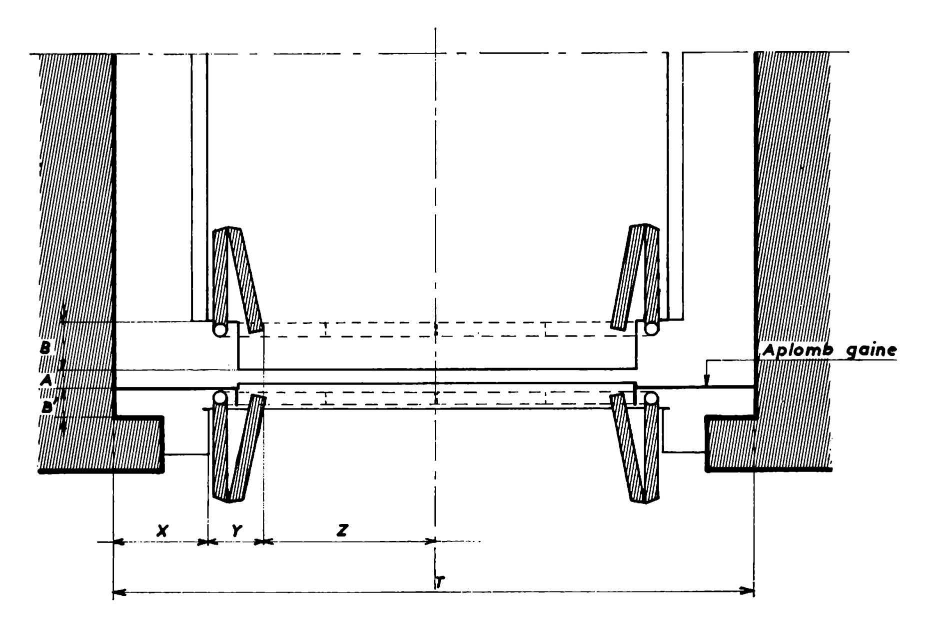


FIG. 158. — *Travaux de maçonnerie pour implantation de porte « livre » (même porte sur cabine).*

Le mécanisme de la porte palière étant relativement important, pour éviter une trop grande épaisseur du linteau supérieur de porte il est préférable de prévoir un coffrage métallique en tôle pour son logement (fig. 159).

Nous donnons à la page 366 un tableau résumant les paragraphes précédents. Les cotes ne doivent bien entendu ne pas être prises comme rigou-

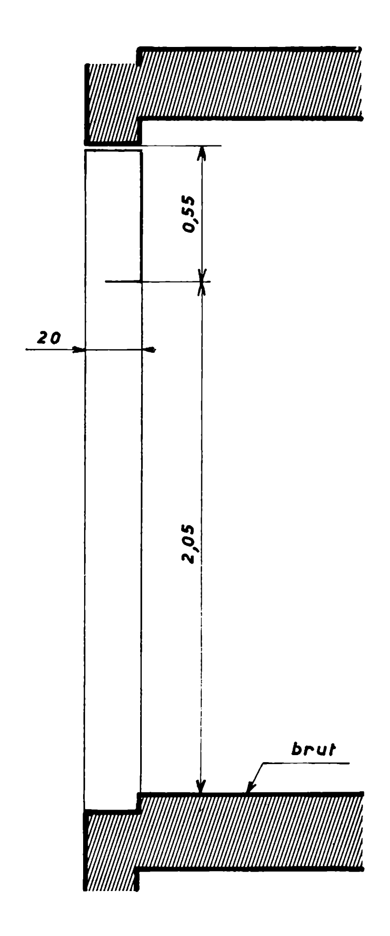


Fig. 159. — *Vue en coupe de la face de la gaine pour l'implantation de la porte type « livre ».*

reuses car elles varient avec les constructeurs. Elles peuvent cependant servir de base à un avant projet et même être considérées comme valables, dans tous les cas, en prenant une marge supplémentaire de quelques centimètres sur le total obtenu.

En ce qui concerne les portes automatiques, deux cas sont à considérer :

— la cabine est de largeur interne inférieure à la double largeur du passage libre moins 26 cm : la largeur de la gaine T est alors donnée par le tableau de la page 366.

— la cabine est de largeur interne supérieure : la largeur de la gaine, avec contrepoids à l'arrière est alors égale à la largeur de la cabine plus 45 à 50 cm.

Dimensions des portes (en mètres)	A	B	B'	X	Y	Z	Z'	T
Porte battante 0,70......	2	10	1,5 ou 3			35	15	
— 0,80......	2	10	1,5 ou 3			40	15	
— 1.........	2	10	1,5 ou 3			50	15	
Porte à ouverture centrale façade maçonnée 0,70..	3	14	8	10	35	35		160
— 1,00..	3	14	8	10	50	50		220
— 1,20..	3	14	8	10	60	60		260
Porte télescopique à ouverture centrale 1,00......	3	18	15	10	25	50		170
— 1,40......	3	18	15	10	35	70		230
Porte télescopique à ouverture latérale 0,70......	3	18	15	10	35	35		
— 1.........	3	18	15	10	50	50		
— 1,20......	3	18	15	10	60	60		
Porte coulissante à éléments articulés........	2	3 mini	8					

A : distance entre seuils palier et cabine — B : distance entre seuil palier et intérieur cabine — B' : distance entre seuil cabine et face interne de la façade palière — X : distance minimum entre porte ouverte et face latérale de la gaine — Y : largeur du panneau de porte — Z : demi-largeur du passage libre — 2Z : passage libre — Z' : voir figure 151 — T : largeur de la gaine.

Ces distances s'entendent maçonnerie brute, en centimètres.

E. — Diverses possibilités d'installation en gaine

Les règlements en projet où les normes en vigueur donnent soit des dimensions de gaines standardisées, soit les bases de calcul des distances pour que la sécurité soit respectée. Il existe cependant des dispositions où les règlements dimensionnels ne donnent pas les renseignements qui peuvent permettre l'installation d'ascenseurs ou monte-charge et où les normes sont difficiles à appliquer. Nous allons examiner les types d'installation les plus fréquents où les projets à l'étude ne peuvent apporter de solution car les emplacements déjà existants ne correspondent pas aux cotes préconisées, et où cependant les normes en vigueur doivent trouver leur application intégrale, compte tenu des encombrements du matériel à installer.

Qu'ils soient ascenseurs ou monte-charge, ces appareils, pour lesquels les constructeurs utilisent un matériel en grande partie commun à ces deux types d'appareils, se confondent sensiblement quant aux dimensions de l'implantation. Comme nous allons l'examiner, ceci est vrai particulièrement pour les dimensions de la coupe horizontale; les coupes verticales peuvent être assez différentes car elles dépendent, ainsi qu'on l'a vu, d'une part, de la vitesse lorsqu'il s'agit d'ascenseurs, d'autre part des dimensions de la cabine et de ses accessoires de mouflage s'il s'agit d'un monte-charge

Nous allons étudier successivement les implantations qui peuvent se rencontrer sans pour cela représenter un cas d'espèce. Ce sont :

— les appareils à un accès;

— les appareils à deux accès opposés;

— les appareils à deux accès d'équerre.

Pour les autres cas, s'ils se présentent, le maître d'œuvre aura tout intérêt à se mettre en rapport avec le constructeur de son choix afin d'obtenir les directives qui lui permettront de réaliser un appareil correct sans qu'il lui soit besoin, comme il arrive souvent, de demander à l'ascenseuriste de construire des éléments spéciaux, ou de retoucher au plan de gros œuvre, ou de réduire les dimensions de la cabine.

1. — Appareil à un seul accès

L'appareil à un seul accès représente la grande majorité des installations. On le retrouve aussi bien dans les ascenseurs que dans les petits ou gros monte-charge. Il ne pose pas de problème particulier car les portes palières se situant toutes du même côté de la gaine, le contrepoids peut circuler soit à l'arrière de la cabine, soit dans le vide latéral, à droite ou à gauche. Cependant, l'étude de l'implantation d'un tel appareil se présente sous deux aspects différents :

— la réglementation en vigueur (D.T.U.) ou les règlements en projet (F.E.M.) prévoient le cas : le maître d'œuvre doit appliquer les obligations ou recommandations de ces documents;

— ces documents en question ne prévoient pas le cas (et ceci se présente assez fréquemment) : le maître d'œuvre doit alors, à partir des dimensions du matériel, appliquer les différentes réserves que lui imposent les normes de sécurité (actuellement la norme NF P 82 201).

Nous allons examiner successivement ces deux aspects :

A) CAS PRÉVU PAR LES RÈGLEMENTS

LE D.T.U. ET LES IMMEUBLES D'HABITATION

Nous avons donné ci-dessus le tableau des dimensions concernant les ascenseurs (fig. 101) de 4, 5, 7, 9, 12, 15 et 18 personnes destinées aux immeubles d'habitation. Ces charges ont été normalisées, mais peuvent ne pas s'appliquer dans tous les cas. En effet, on ne voit pas la raison pour laquelle il serait obligatoire de prévoir une charge de 4 personnes alors qu'un 3 personnes est suffisant. La différence de prix entre les deux appareils est assez sensible, même en fabrication de série.

Pour les dimensions que le D.T.U. ne précise pas, c'est-à-dire celles concernant la hauteur de la dalle supérieure au-dessus du dernier niveau, nous donnons ci-après les indications nécessaires pour la déterminer.

La Fédération européenne de la manutention est en train de rédiger un document portant sur les dimensions minimales d'installation des ascenseurs et des escaliers mécaniques. Ces recommandations, dit le F.E.M., sont basées sur le code de sécurité établi par la C.I.R.A. Ce sont, précise le texte, de simples recommandations qu'il appartient à chaque pays de comparer à ses règles nationales.

« Tous les efforts ont été faits pour obtenir la plus grande simplicité et c'est le vœu sincère du Comité que la norme condensée sous laquelle est présenté le résultat de son travail puisse conduire les architectes, bureaux d'études, ingénieurs-conseils et constructeurs d'ascenseurs à appliquer ces recommandations chaque fois que cela sera possible. »

Le but de ce texte est de fournir les recommandations pour l'installation des ascenseurs en ce qui concerne la gaine, la cabine, les types et dimensions des portes palières et des portes de cabine, la cuvette, les réserves, le local de machinerie, les vitesses, la signalisation, etc.

La F.E.M. dans son projet retient les vitesses suivantes :

0,50 m/s : appareils à une vitesse
0,75 m/s : appareils à deux vitesses
1,00 m/s : appareils à deux vitesses
1,25 m/s, 1,50 m/s, 1,75 m/s : appareils à voltage variables
(l'ensemble ci-dessus : avec treuil)

2,00 m/s, 2,50 m/s, 3,00 m/s, 3,50 m/s, 4,00 m/s, 5,00 m/s : appareils à voltage variable avec gearless.

Elle classe les appareils d'après leur destination :

— ascenseurs pour trafic normal : immeubles d'habitation, petits immeubles de bureaux, hôtels, hôpitaux (usage exclusif du personnel), etc., dont les charges sont limitées à 4, 6, 8 et 10 passagers, avec portes palières battantes ou coulissantes à deux vantaux de 0,70 ou 0,80 m;

— ascenseurs pour double usage dans les immeubles d'habitation : transport des personnes et transport des meubles, brancards ou cercueils dont les charges sont limitées à 6,8 et 12 personnes avec portes palières battantes ou coulissantes à deux vantaux de 0,80 m. Ces ascenseurs sont ceux qui, dans le D.T.U., sont prévus pour les immeubles comportant plus de sept niveaux au-dessus du hall de départ;

— ascenseurs pour trafic normal : petits ascenseurs pour immeubles de bureaux et hôtels, ascenseurs permettant le transport des voitures d'enfant des immeubles d'habitation, dont les charges sont limitées à 6 et 8 personnes avec portes coulissantes à un vantail. Cette disposition, courante

en Grande-Bretagne, exige des dimensions de gaine, en largeur, d'un minimum de 2 m. Il ne semble pas qu'elle ait à être généralisée;

— ascenseurs pour usage général : banques, immeubles de bureaux, hôtels, etc., de charges 8, 10, 12, 16 et 20 personnes avec portes palières et de cabine automatiques à deux vantaux de 0,90 ou 1,10 m à partir de 16 passagers, de vitesses prévues jusqu'à 1,75 m/s;

— ascenseurs pour trafic intensif : banques, immeubles de bureaux, hôtels, etc., mais de courses supérieures à 30 m, de charges 10, 12, 16, 20, 24 personnes, avec portes palières et de cabines automatiques à deux vantaux de 0,90 et 1,10 m à partir de 16 personnes, de vitesses prévues de 2 à 5 m/s, avec par conséquent traction par gearless;

— monte-malades divisés en deux groupes : ceux destinés aux maisons de santé ou cliniques dont la charge utile ne correspond pas à la surface indispensable du plancher de cabine, et comportant nécessairement, de ce fait, un dispositif de surcharge, les autres, destinés aux hôpitaux, pouvant servir au transport des visiteurs et dont la charge correspond par conséquent à la surface de cabine. Les charges sont limitées à 8 (600 kg) 10 (750 kg) 12 (900 kg) 20 (1 500 kg) 24 (1 800 kg) 28 (2 100 kg) passagers avec portes de 1,10 et de 1,20 m à partir de 20 personnes, les vitesses allant de 0,75 à 1,75 m/s.

En ce qui concerne les dimensions des cabines, la F.E.M. préconise :

1) *Pour les habitations, petits immeubles de bureaux ou hôtels :*

	CABINE SANS PORTE		GAINE	
Capacité en personnes	*Largeur en m*	*Longueur en m*	*Largeur en m*	*Longueur en m*
4	1,10	0,80	1,60	1,40
6	1,10	1,20	1,60	1,80
8	1,10	1,15	1,60	2,10
10	1,10	1,70	1,60	2,30
	CABINE AVEC PORTE		GAINE	
4	1,10	0,80	1,60	1,50
6	1,30	1,00	1,80	1,70
8	1,30	1,20	1,80	1,90
10	1,30	1,40	1,80	2,10

2) *Pour banques, grands immeubles de bureaux, grands hôtels :*
(course inférieure à 30 m)

Capacité	*Largeur*	*Longueur*	*Largeur*	*Longueur*
8	1,60	1	2,10	1,70
10	1,60	1,20	2,10	1,90
12	1,60	1,40	2,10	2,10
16	2	1,40	2,50	2,20
20	2	1,70	2,50	2,50

3) *Pour banques, grands immeubles de bureaux, hôtels :*
(course supérieure à 30 m)

Capacité	*Largeur*	*Longueur*	*Largeur*	*Longueur*
10	1,60	1,20	2,20	2
12	1,60	1,40	2,20	2,20
16	2	1,40	2,60	2,30
20	2	1,70	2,60	2,60
24	2	1,90	2,60	2,80

On voit, pour ces dernières dimensions, l'influence que les faux aplombs peuvent avoir pour permettre de réaliser l'ascenseur avec les dimensions de cabines prévues.

— **Monte-malades.**

Capacité	*Largeur*	*Longueur*	*Largeur*	*Longueur*
6	1,10	2,40	2	2,80
10	1,20	2,40	2	2,80
12	1,30	2,40	2	2,80
20	1,40	2,40	2,30	3
24	1,60	2,40	2,30	3
28	1,60	2,60	2,30	3,20

REMARQUES

1. — Si l'on compare ces deux documents, dont l'un le D.T.U., possède un caractère officiel en France et dont l'autre, cité ci-dessus, est un ensemble de recommandations, on trouve en ce qui concerne la capacité des appareils :

— D.T.U. : capacité normalisée : 4, 5, 7, 9, 12, 15, 18 personnes.

— F.E.M. : capacité recommandée : 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24 personnes.

Il semble qu'une unification des capacités s'avère nécessaire. Nous pensons, s'il faut donner notre opinion, que les charges de la F.E.M. sont plus rationnelles quant à la façon dont se déplacent les passagers en cabine et que, tout au moins jusqu'à 10 personnes, la parité est préférable. Au-delà, le rangement est aléatoire.

Le 525 kg avec extension représente cependant une exception car la surface de 7 personnes (1,53 m^2) permet de donner à la partie « transport passagers » de la cabine une dimension en longueur telle qu'elle permet la manutention des sommiers à deux places de 1,40 m, tout en conservant une largeur suffisante. Nous croyons cependant que le choix aurait tout aussi bien pu se fixer sur un huit personnes.

2. — Les dimensions des portes des monte-malades des hôpitaux nous semblent insuffisantes car la porte de 1,20 m de large ne permet pas le passage du malade dont le bras est plâtré, étendu perpendiculairement au tronc. Le malade seul représente alors un encombrement en largeur de 1,15 m environ, compte non tenu des pansements, du débordement du chariot, du support du bras. Une largeur de 1,40 m eût paru préférable.

Les profondeurs de cuvette du document F.E.M. tiennent compte de la sécurité du personnel en se basant sur la norme C.I.R.A. Le D.T.U., nous l'avons dit, n'avait pas retenu ce point de vue et s'était contenté de reprendre, avec une latitude plus grande, les dimensions que les constructeurs français, tenaillés par les maîtres d'œuvre mal informés encore de ces questions, avaient coutume de donner aux cuvettes, dimensions, reprises en gros par le calcul de la norme NF P 82 201. Il se passait alors, antérieurement au D.T.U., le phénomène suivant : souvent la préférence était donnée à tel ou tel constructeur parce que sa cuvette était moins profonde que celle de son concurrent.

Ainsi, le document F.E.M. demande-t-il :

1,30 m pour les vitesses jusqu'à 0,75 m/s
1,50 m pour les vitesses jusqu'à 1,50 m/s
1,80 m pour les vitesses jusqu'à 1,75 m/s
2,80 m pour les vitesses jusqu'à 2,50 m/s
3,40 m pour les vitesses jusqu'à 3,50 m/s
3,70 m pour les vitesses jusqu'à 4 m/s
5,10 m pour les vitesses jusqu'à 5,00 m/s

Le document F.E.M. précise, d'autre part, la hauteur libre de gaine au-dessus du dernier plancher, ce que ne fait pas le D.T.U. :

Appareils à cabine sans porte

3,70 m pour les vitesses jusqu'à 0,75 m/s
3,80 m pour les vitesses jusqu'à 1,00 m/s
4,00 m pour les vitesses jusqu'à 1,50 m/s

Appareils à cabine avec porte automatique

3,90 m pour les vitesses jusqu'à 0,75 m/s
4 m pour les vitesses jusqu'à 1 m/s
4,20 m pour les vitesses jusqu'à 1,50 m/s
5 m pour les vitesses jusqu'à 1,75 m/s
9,40 à 9,70 m pour les vitesses jusqu'à 2,50 m/s
10 à 10,20 m pour les vitesses jusqu'à 3 m/s
10,40 m pour les vitesses jusqu'à 3,50 m/s
10,90 m pour les vitesses jusqu'à 4 m/s
11,70 m pour les vitesses jusqu'à 5 m/s

On voit ainsi tout l'intérêt que présentent de tels documents, tant au point de vue de la sécurité que de la normalisation des dimensions qui conduisent à une standardisation du matériel, et par suite à l'obtention de prix de revient inférieur tout en conservant l'efficacité nécessaire.

Ceci dit, il n'en demeure pas moins que dans bien des situations il n'est pas possible de prévoir exactement ce qui a été recommandé. C'est ce que nous allons envisager dans le paragraphe suivant.

B) CAS NON PRÉVU PAR LES RÈGLEMENTS

Cela arrive encore assez fréquemment :

— lorsque les dispositions du projet de l'étage courant ne permettent pas sur un terrain donné d'implanter un appareil de dimensions normalisées;

— lorsque la transformation d'un bâtiment ne s'adapte pas à ces dimensions;

— lorsque le calcul de trafic conduira à une batterie d'appareils de capacité différente des capacités recommandées. Ceci présentera encore un intérêt financier tant que le matériel ne sera pas normalisé sur le plan international et si, par exemple, au lieu d'une batterie de trois appareils de 6 personnes (charge normalisée), trois de 5 suffisent;

— lorsqu'il s'agit de transformer une installation ancienne soit dans une gaine existante, soit dans une trémie d'escalier;

— lorsque se pose le problème de créer un ascenseur dans le vide d'escalier d'un immeuble ancien, ou un monte-charge dans les ateliers d'une usine.

Nous étudierons les deux dispositions :

— contrepoids derrière la cabine;

— contrepoids sur le côté de la cabine.

I. — CONTREPOIDS DERRIÈRE LA CABINE

Cette possibilité d'implantation n'est à envisager que pour des cabines ou des bennes peu profondes. En effet, les axes de la poulie de traction et de la poulie de détour doivent être disposés à une distance telle que l'angle d'adhérence (chap. 2, parag. II) soit suffisant pour assurer la marche en toute sécurité.

Les poulies de treuil les plus communément utilisées ne dépassent pas 600 mm de diamètre (les poulies d'un diamètre supérieur trouvent plutôt leur emploi dans les appareils rapides — 1,20 à 1,75 m/s — ou les appareils mouflés). De sorte que l'entraxe des deux poulies est généralement inférieur à ce diamètre et la distance entre les câbles côté contrepoids et côté cabine à peine supérieure au diamètre de la poulie du treuil.

Profondeur de la gaine.

On peut alors évaluer la longueur maximum de la cabine au double du diamètre de la poulie de traction, soit 1,10 à 1,20 m. Au-delà de cette dimension, la traction directe n'est guère possible. On doit, soit faire appel au double enroulement (fig. 26), soit implanter autrement l'appareil, en général en disposant le contrepoids sur le côté, soit utiliser le mouflage. Lorsque ce cas se présentera, il sera prudent, avant toute élaboration d'un plan d'ensemble, d'en étudier les dispositions avec le constructeur.

Si nous considérons un appareil en élévation, vue sur le côté, son implantation est composée des distances et dimensions suivantes (fig. 160).

A : distance entre seuil palier et seuil cabine.

— 2 cm maximum dans le cas de paroi lisse + 1,5 cm pour confection de la paroi lisse;

— 3 cm maximum avec porte de cabine + 1,5 cm pour alignement des seuils paliers.

B : dimension du seuil de cabine ou de la porte de cabine (nous rappelons

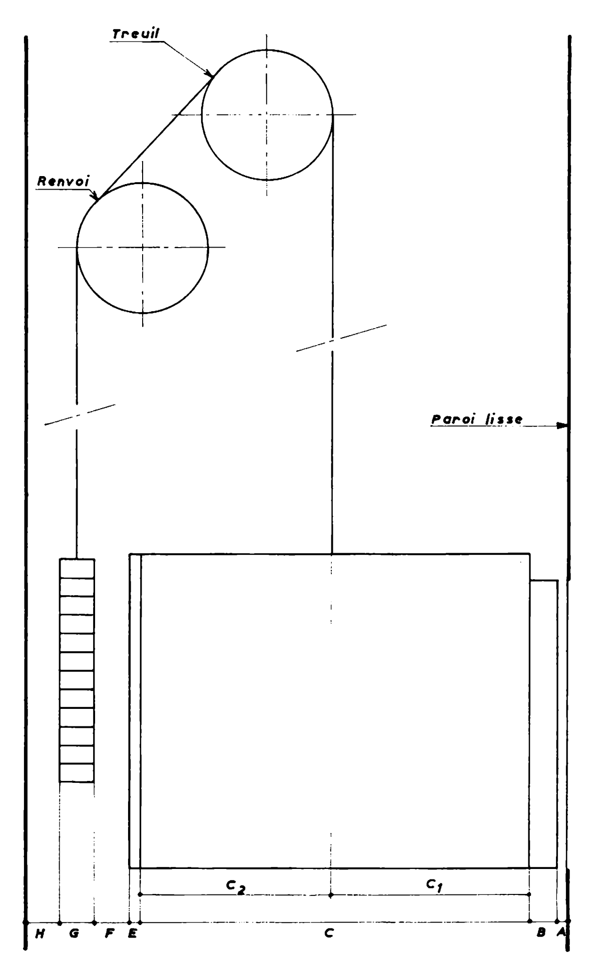


FIG. 160. — *Distance à prendre en considération pour le calcul de la profondeur de la gaine.*

que cette dimension ne compte pas dans l'évaluation de la surface de la cabine).

— 10 cm environ dans le cas du seuil;

— 12 à 16 cm avec porte de cabine.

C : profondeur de la cabine.

E : épaisseur des panneaux ou des retours de panneaux : 3 cm environ.

F : distance entre saillie de la cabine et saillie du contrepoids

— 5 cm pour contrepoids guidé rigidement;

— 7 cm + 1/1000 de la hauteur de gaine pour contrepoids guidé par fils ou câbles.

G : épaisseur du contrepoids :

— 6 à 8 cm pour ascenseurs jusqu'à 500 kg de charge;

— 12 à 16 cm pour gros ascenseurs ou monte-charge;

— 24 cm contrepoids avec mouflage.

H : distance entre saillie du contrepoids et gaine.

— 5 cm pour contrepoids guidé rigidement;

— 5 cm + 1/1000 de la hauteur de gaine pour contrepoids guidé par fils guides.

REMARQUES

1. — La cote G, peut être difficile à déterminer pour le maître d'œuvre. Pour cette dimension, en cas de doute, il aura intérêt soit à se renseigner auprès du constructeur de son choix, soit à prévoir large.

2. — Lorsque l'appareil comporte des portes automatiques palières et sur cabine, il convient de prévoir la porte palière dans des feuillures de maçonnerie de la paroi avant de la gaine, sinon la porte sera placée en porte-à-faux à l'intérieur même de la gaine avec les inconvénients qui en résultent :

— diminution de la profondeur disponible de la gaine;

— obligation de respecter les 10 cm prévus par la norme (cote C, fig. 149) d'où, soit façon de surépaisseur maçonnée sur la face arrière de la paroi avant, soit tôlerie de rattrapage de jeu;

— difficultés accrues de pose et de réglage des portes.

La disposition donnée figure 160 suppose soit l'appareil en paroi lisse, soit la porte palière automatique en arrière de l'aplomb de la gaine suivant la figure 154.

B' représente alors le retrait de la maçonnerie de façade par rapport à l'aplomb de la gaine. Il doit être de 12 à 16 cm environ.

3. — Il n'est pas tenu compte dans cet ensemble de dimensions du faux aplomb de gaine. Nous traiterons cette question dans un paragraphe particulier.

Largeur de la gaine.

L'appareil vu en plan se présente suivant la figure 161 et son implantation est composée des distances et dimensions ci-après :

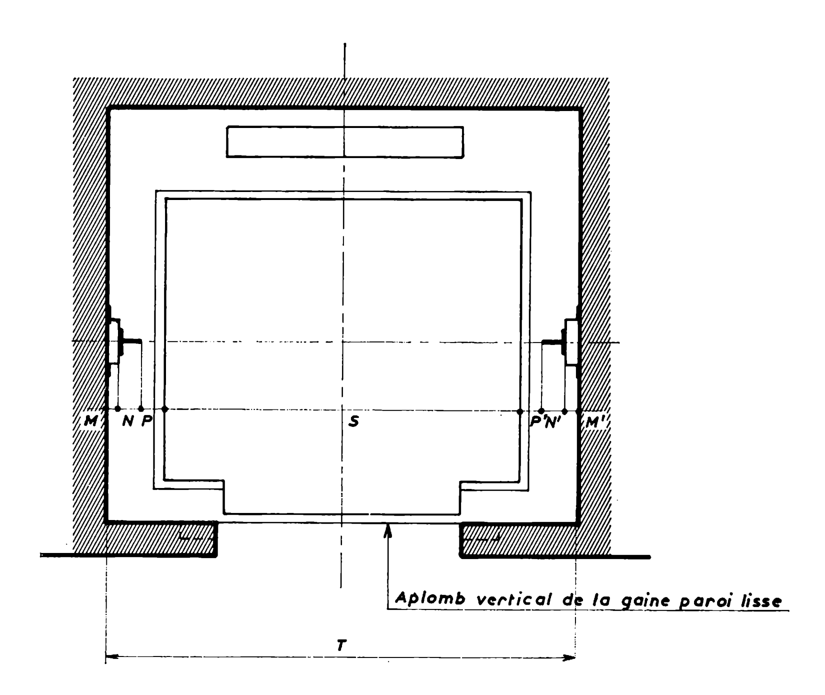


FIG. 161. — *Implantation d'un appareil avec contrepoids à l'arrière de la cabine. Détermination de la largeur de la gaine.*

M = M' : saillie que forme l'attache de guide. Elle ne doit pas être prévue inférieure à 5 cm pour permettre le réglage des guides lors du montage.

N = N' : hauteur du nez de guide. Elle varie de 6 à 9 cm et est déterminée après le calcul des guides au flambage. (Pour les petits monte-charge, monte-plats, etc., elle est de 5 cm).

P = P' : distance entre le nez de guide et l'intérieur de la cabine. Elle dépend du coulisseau. Elle est de l'ordre de 7 cm, rarement supérieure. Les retours des tôles des parois latérales de cabine n'interviennent pas car les coulisseaux sont disposés de telle sorte que leur partie en contact avec le nez de guide se situe sur une verticale en avant des retours en question.

S : largeur de la cabine.

Les dimensions connues, M, N, P, M', N', P' donnent une minimum de part et d'autre de la cabine de :

$$M + N + P = 5 + 6 + 7 = 18 \text{ cm avec petit guide}$$

$$5 + 9 + 7 = 21 \text{ cm avec gros guide}$$

ceci compte non tenu des faux-aplombs ou saillies de gaine.

REMARQUE. — Les portes automatiques à ouverture centrale nécessitent à elles seules un minimum de largeur de gaine égal à deux fois leur passage libre + 20 cm. La porte de cabine est en effet constituée de supports et butées de fin d'ouverture telles que leur encombrement hors tout est de deux fois le passage libre + 10 cm. Il est nécessaire de prévoir en plus 5 cm de part et d'autre pour répondre aux jeux imposés par la norme.

• 1er EXEMPLE. — Reprenons le problème donné plus haut page 312 dans lequel le calcul de trafic a prévu, pour un immeuble d'affaires, deux appareils de 1 500 kg à 1,50 m/s avec portes à ouverture centrale de 1,20 m.

La surface de la cabine doit être de 3,23 m².

La charge de l'appareil implique des guides de 9 cm de hauteur et un contrepoids de 16 cm environ de largeur (ou épaisseur).

1) *Largeur de la gaine.* Sa dimension minima dépend du type de porte. D'après le tableau précédent, page 366, elle sera de 2,60 m.

La largeur de la cabine sera, compte tenu de ce que nous avons vu précédemment (paragraphe B « Largeur de la gaine ») :

$$2{,}60 - (2 \times 0{,}21) = 2{,}18 \text{ m}$$

En tenant compte des faux aplomb et saillies de poutres qui, pour une course de 24 m, peuvent être de 3 cm de chaque côté, la largeur sera ramenée à :

$$2{,}18 - 0{,}06 = 2{,}12 \text{ m, soit } 2{,}10 \text{ m}$$

La longueur intérieure de la cabine sera donc :

$$\frac{3{,}32}{2{,}1} = 1{,}54 \text{ m}$$

2) *Longueur de la gaine.* En nous reportant à la figure 160 et au tableau précédent on trouve :

$$A + B + C + E + F + G + H = 3 + 14 + 154 + 3 + 5 + 16 + 5 = 200$$

Pour tenir compte des faux aplomb ou saillies, on prendra 210 cm. La porte palière doit être installée en retrait de l'aplomb de la gaine vers l'extérieur de celle-ci, comme indiqué figure 154.

Pour chaque appareil nous aurons donc :

— cabine $2{,}10 \times 1{,}54$ m = 3,23 m² (surface de la NF P 82 201);

— gaine $2{,}60 \times 2{,}10$ m = 5,45 m²

Le projet F.E.M. indique :

— cabine $2 \times 1{,}70 = 3{,}4$ m²

— gaine $2{,}5 \times 2{,}5 = 6{,}25$ m²

• 2e EXEMPLE. — Prenons le cas d'un ascenseur de 1 050 kg à 2,50 m/s avec porte télescopique centrale de 1 m, dans un immeuble d'affaires.

La course de cet appareil situé dans une batterie est de 50 m.

La surface de la cabine doit être de 2,53 m² (NF P 82 201).

La charge de cet appareil nécessite des guides de 9 cm de hauteur et un contrepoids de 16 cm environ de largeur.

1) *Largeur de la gaine.* Dimension minima correspondant au type de porte : 1,70 m.

La largeur de la cabine sera si l'on prend cette largeur de gaine :

$$1{,}70 - (2 \times 0{,}21) = 1{,}28 \text{ m}$$

Compte tenu des faux aplombs et saillies, soit 0,10 m, la largeur effective est :

$$1{,}28 - 0{,}10 = 1{,}08 \text{ m}$$

La longueur de la cabine est donc de :

$$\frac{2{,}53}{1{,}08} = 2{,}35 \text{ m}$$

On voit de suite que prévoir une installation sur de telles bases ne convient pas. La longueur de la cabine est trop importante. par rapport à sa largeur. La sortie des passagers est incommode et peut diminuer sensiblement les performances de l'appareil.

D'autre part, pour éviter, mouflage ou double enroulement, il faut ramener la longueur de la cabine à 1,40 m, ce qui porte la largeur à 1,80 m.

La largeur de la gaine est alors de :

$$1{,}80 + (2 \times 0{,}21) + 0{,}10 = 2{,}32 \text{ m}$$

Nous prendrons 2,35 m.

2) *Longueur de la gaine.*

$$A + B + C + E + F + G + H$$

$$= 3 + 18 + 140 + 3 + 5 + 16 + 5 = 1{,}90 \text{ m}$$

Soit, en tenant compte des faux aplomb et saillies : 2 m.

Pour cet appareil, nous aurons donc :

— cabine : $1{,}80 \times 1{,}40 = 2{,}53$ m²

— gaine : $2{,}35 \times 2 = 4{,}70$ m²

Le projet F.E.M. ne parle pas de ce type d'appareil.

II. — CONTREPOIDS SUR LE COTÉ DE LA CABINE

Lorsque la longueur de la cabine excède 1,20 à 1,30 m ou lorsque celle-ci comporte deux accès opposés, le contrepoids doit nécessairement être installé sur le côté (fig. 162 et 163).

Profondeur de la gaine.

Elle se détermine rapidement à partir des données qui précèdent. L'implantation est composée des mêmes cotes A, B, C, E et d'une distance S entre cabine et gaine qui dépend de la cote D' que nous calculons ci-après. Le minimum pour S dans tous les cas est de 5 cm.

Largeur de la gaine.

Côté opposé au contrepoids, la distance entre intérieur cabine et paroi de la gaine s'évalue de la même façon que pour le contrepoids à l'arrière.

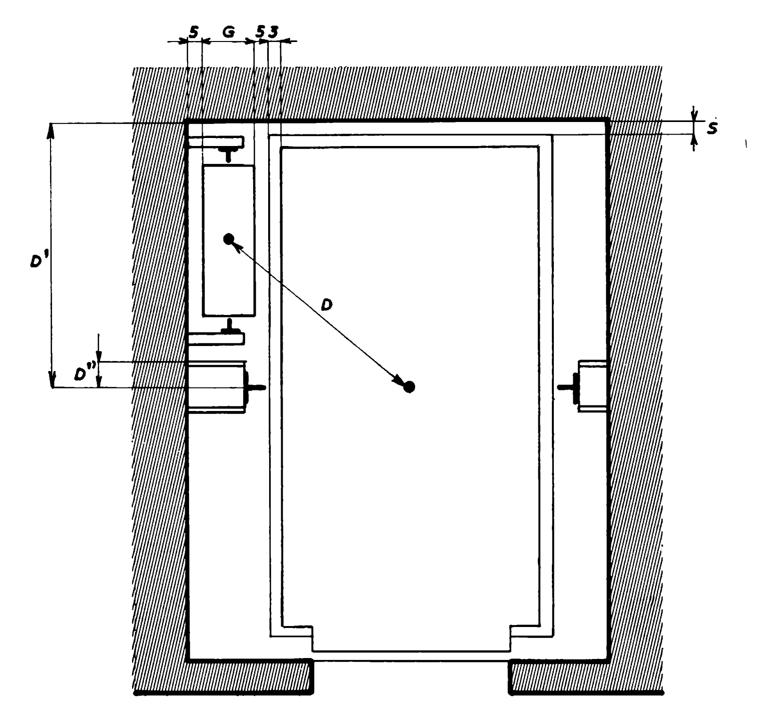


FIG. 162. — *Implantation d'un appareil avec contrepoids sur le côté de la cabine. Détermination de la largeur de la gaine.*

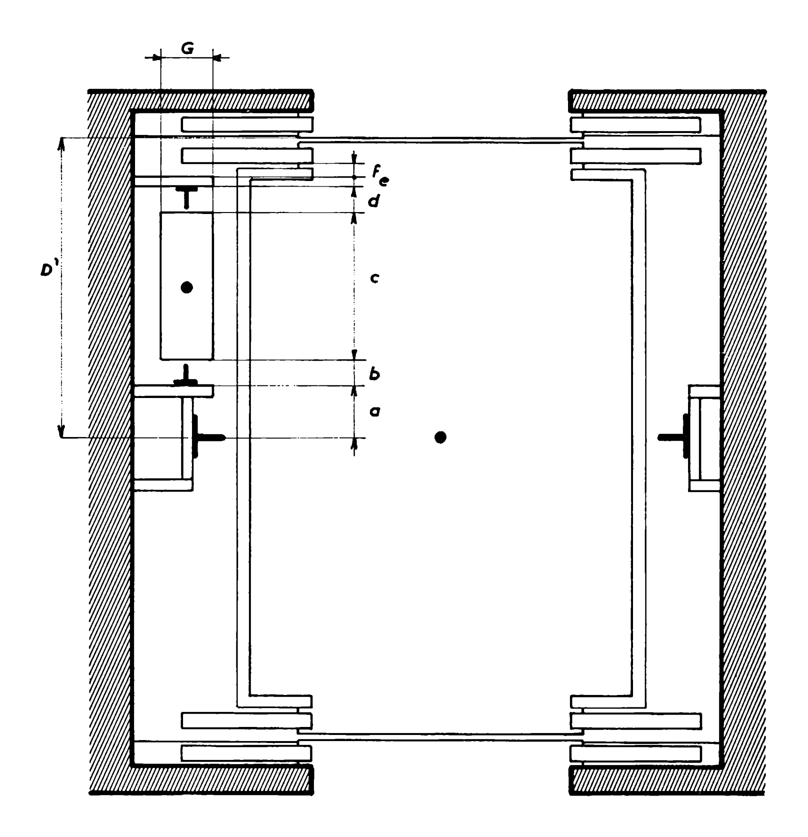


FIG. 163. — *Implantation d'un appareil à deux accès opposés.*

Côté contrepoids, les cabines de ces installations étant relativement lourdes et le câblage étant souvent effectué avec mouflage (car la distance D excède la possibilité d'un simple renvoi), la largeur hors tout du contrepoids est de l'ordre de 25 cm, de sorte qu'entre intérieur de cabine et gaine, la cote à prévoir ne doit pas en général être inférieure à 38 à 40 cm (5 + 25 + 5 + 3 = 38 cm).

La distance D' entre l'axe des guides et le fond de gaine est plus difficile à évaluer. Elle dépend en effet de plusieurs facteurs dont les principaux : distance D entre les points de suspente, dimensions des gueuses de contrepoids, peuvent être différentes suivant le constructeur. Pour l'avant projet, il est préférable de prendre des précautions et d'envisager des gueuses de grande longueur c'est-à-dire 0,80 m environ, ce qui, compte tenu des guides, et de leurs supports et de D″ moitié du support des guides de cabine, porte la cote D′ à 1,20 m.

2. — Appareil à deux accès opposés

Pour ce genre d'installation, le contrepoids est toujours placé sur le côté de la cabine (fig. 163).

A) PROFONDEUR DE LA GAINE

La profondeur de la gaine dépend de la longueur utile de la cabine et des types de porte envisagés. Elle se calcule donc à partir des mêmes données précisées précédemment.

Cependant, il ne faut pas perdre de vue que lorsque la cabine est prévue d'un côté en paroi lisse, elle doit, dans les ascenseurs, comporter une porte côté opposé.

Lorsque la cabine est munie de deux portes, on doit tenir compte de l'emplacement de leur ouverture dont la cote D' doit être augmentée en prenant toujours une distance de 5 cm entre organes fixes et mobiles.

B) LARGEUR DE LA GAINE

Il conviendra, pour les cabines dont la longueur est inférieure à 2,20 m environ, de prévoir G plus importante car la gueuse de contrepoids sera nécessairement plus courte; le constructeur devra implanter deux gueuses côte à côte ou une gueuse plus large. Entre l'intérieur de cabine et la paroi de gaine, une largeur de 0,50 m n'est pas exagérée.

• EXEMPLE. — Un exemple va donner l'importance du contrepoids pour un monte-malades à deux accès opposés dont la cabine doit avoir les dimensions intérieures suivantes : largeur 1,40 m, longueur 2,40 m, et munie de portes télescopiques de 1,40 m à chaque accès. La surface de la cabine (3,37 m²) implique une charge de 20 personnes, soit 1 500 kg.

Poids de la cabine (voir les données au chapitre II).

	En kg
Côtés (2,40 × 2,20 × 11,5 × 1,10) 2 :	134
Plancher : 3,37 × 110 :	372
Toit : 3,37 × 20 :	68
Arcade : 60 + 120 × 1,40 :	228
Parachute :	100
Accessoires :	80
Portes (80 + 2,8 m² × 25) 2 :	300
Poulies : 30 × 2 :	60
TOTAL	1 344 kg

Soit 1 350 kg environ.

Le contrepoids pèsera :

$$1\,350 + \frac{1\,500}{2} = 2\,100 \text{ kg}$$

La demi-longueur de la cabine est égale à :

$$\frac{240}{2} = 120 \text{ cm}$$

La partie disponible pour le contrepoids est augmentée de l'épaisseur de la paroi cabine, ce qui porte à 123 cm la longueur de l'espace entre axe des guides et porte-cabine.

La longueur utile du contrepoids doit être diminuée de a + b d'un côté, soit 10 + 5 = 15 cm et de d + e + f de l'autre, soit 5 + 5 + 5 = 15 cm, donc au total de 30 cm.

Le contrepoids pourra donc avoir 123 — 30 = 93 cm $\simeq$ 90 cm de longueur au maximum.

Ces calculs montrent l'importance que l'on doit attacher à ces emplacements qui sont trop souvent négligés dans l'élaboration des plans soumis aux constructeurs pour leur demander le devis de l'appareil. Que de fois les dimensions de la cabine ou de la benne sont-elles réduites au moment de l'exécution, car les simples règles ci-dessus n'ont pas été observées par le projeteur au stade de l'établissement des plans de gros œuvre.

3. — Appareil à deux accès d'équerre

C'est le genre d'installation à éviter à moins que cela ne soit impossible. C'est la disposition la plus mauvaise car, entre autres inconvénients, elle nécessite le maximum de surface de gaine pour, toutes choses égales par ailleurs, obtenir une cabine de dimensions relativement réduites (fig. 164).

En effet :

— les guides de cabine doivent être montés sur l'axe d'une diagonale de la gaine;

— l'arcade de la cabine qui occupe une certaine largeur vient empiéter de part et d'autre de cette diagonale;

— dans les ascenseurs, l'un des services doit comporter obligatoirement une porte de cabine. Le panneau de cette porte en position ouverte est nécessairement du côté de l'un des guidages; la cabine doit avoir une forme spéciale;

— les guidages en angle nécessitent des supports spécialement adaptés à chaque installation;

— la cabine est fabriquée suivant un plan unique prévu spécialement.

Ce type d'appareil se rencontre plus particulièrement dans les bâtiments anciens transformés. Il est prudent de faire immédiatement appel au spécialiste avant l'établissement des avant-projets.

Le prix de revient d'un tel appareil est onéreux, en raison des modalités particulières de fabrication de la cabine, de la nécessité de fabriquer des pièces spéciales pour les supports de guides de cabine et de contrepoids et,

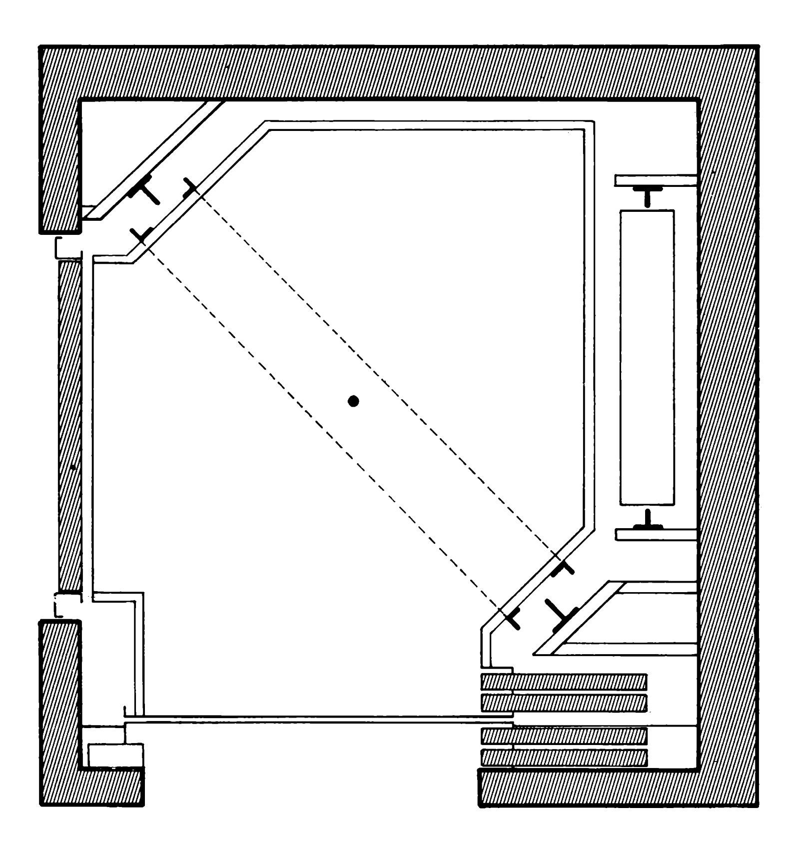


FIG. 164. — *Ce qu'il faut éviter : implantation d'un appareil à deux accès d'équerre.*

des difficultés de montage pour obtenir principalement une horizontalité parfaite aux différents accès.

Le fonctionnement est satisfaisant, aussi bien que pour une installation classique, mais l'entretien d'un tel appareil est plus onéreux; il nécessite une surveillance accrue pendant l'exploitation. L'usure des coulisseaux est plus rapide car les cabines sont très rarement exactement équilibrées.

La figure 164 représente une installation de ce genre. On remarquera les formes anormales des divers constituants, les pertes de place dues aux vides laissés entre les éléments pour satisfaire à la norme. Lorsqu'elle se présente, une telle implantation doit être étudiée avec beaucoup plus de soin que n'en

demande le type classique et, particulièrement en ce qui la concerne, nous ne saurions trop recommander de déduire la surface de la cabine de celle de la gaine qu'avec grande circonspection.

Le nombre de dispositions est trop important et trop divers pour qu'il soit possible de donner des dimensions standards. Cependant, à partir des données qui ont été établies précédemment, il est possible d'avoir une idée première des résultats que l'on peut espérer obtenir. Il sera prudent de se tenir large dans les appréciations des cotes.

IV. — Machinerie

A. — Généralités

La machinerie est un local affecté aux organes mécaniques et électriques de commande de l'appareil. Il leur est réservé *à l'exclusion de tout autre* de quelque nature qu'il soit : ballon d'eau chaude, réservoirs, expanseurs, etc. Les principaux éléments installés dans la machinerie sont (fig. 165) :

— le treuil;

— l'appareillage électrique;

— le régulateur de vitesse;

— le tableau d'arrivée de courant;

— les poulies de détour ou de renvoi éventuelles;

— les batteries de condensateurs ou auto-transformateur et résistances de démarrage du moteur dans le cas de distribution collective électrique d'immeuble en monophasé (Paris rive gauche et 16e arrondissement tant que l'Électricité de France n'a pas encore effectué le changement de tension);

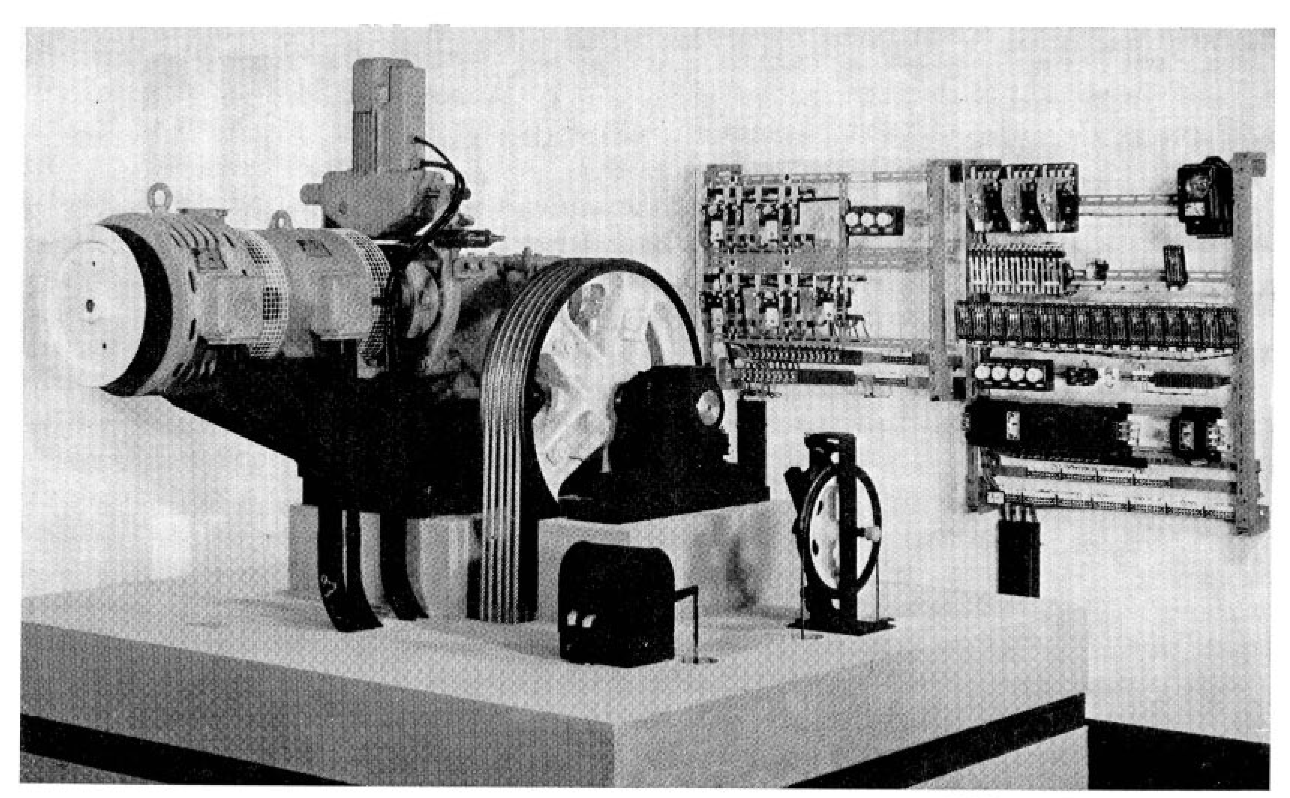
— le groupe-convertisseur pour les appareils actionnés par le système Ward-Léonard (voltage variable) (fig. 166).

A ce titre, la machinerie fait partie des locaux réservés à un service électro-mécanique. La pancarte qui doit être affichée sur ses accès (porte ou trappe) d'indication de danger et d'interdiction d'entrée à toute personne non autorisée en est bien la preuve (art. 3-3 de la NF P 82 201).

De ce fait, son installation tombe sous le coup du décret nº 62-1454 du 14 novembre 1962 concernant la protection des travailleurs.

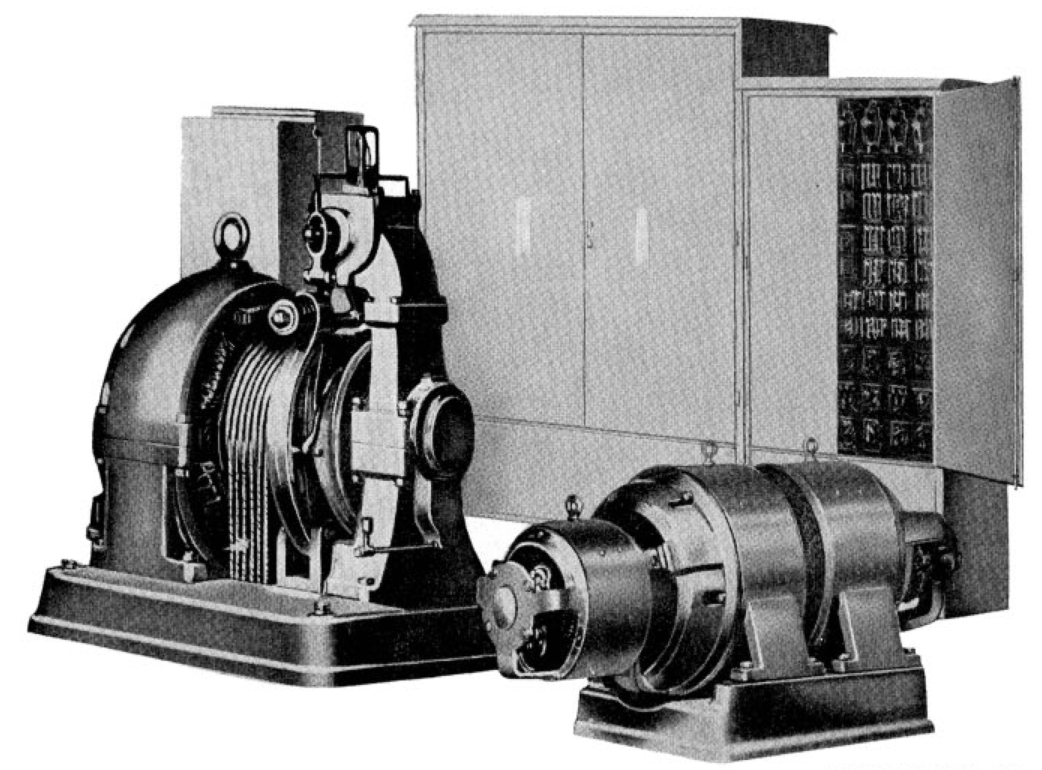
Postérieurement à ce décret, le D.T.U. nº 70-1 de décembre 1966 concernant les installations électriques des bâtiments à usage d'habitation énonce, dans le paragraphe 7-1 de son chapitre VII, les « prescriptions spéciales aux locaux techniques des services généraux, ascenseurs, chaufferies, surpresseurs ».

Ces règles, qui n'ont actuellement qu'un caractère officieux, doivent



DOCUMENT SCHINDLER — PHOTO O. PFEIFER

Fig. 165. — *Machinerie en haut pour ascenseur à deux vitesses, avec manœuvre collective montée-descente. On voit l'importance que peut prendre le massif. Les appareillages sont du type classique à relais électromagnétiques disposés contre le mur.*



DOCUMENT ASCINTER - OTIS

Fig. 166. — *Machinerie d'ascenseur à voltage variable et gearless.*

toutefois être prises en considération car elles offrent aux électriciens chargés de l'installation de l'immeuble et qui, en général, connaissent mal le problème des ascenseurs, un certain nombre de références auxquelles ils pourront se rapporter. Trop d'erreurs avaient été commises et le sont encore : tableaux d'arrivée de courant mal situés, éclairage insuffisant, raccordements effectués sans tenir compte de certains impératifs du lot ascenseur, sections de lignes insuffisantes provoquant des chutes de tension anormales et rendant pénible le démarrage des moteurs, pas de canalisation de terre, circuit d'alarme mal réalisé ou inexistant, etc.

Afin d'obtenir d'une installation les qualités recherchées, il est nécessaire d'observer pour la machinerie certains impératifs de construction et d'équipement aussi bien que pour la gaine.

B. — *Impératifs de construction*

1. — Situation

La machinerie sera tout d'abord située de préférence à la partie supérieure de la gaine. Nous avons vu précédemment les raisons qui militaient pour ce genre de réalisation.

Dans les immeubles destinés à recevoir du public, on a vu qu'elle devait se trouver obligatoirement en haut, sauf cas exceptionnel.

Dans les immeubles de grande hauteur, il est inconcevable qu'une machinerie ne soit pas prévue à la partie supérieure, bien que le décret demeure muet sur ce point.

2. — Constitution

Les parois, le plancher, le plafond, ainsi que les portes ou trappes doivent présenter une résistance minimale « stable au feu d'une demi-heure ». La nature des parois, plancher, plafond doit être telle qu'ils ne puissent donner lieu à la projection de poussières, graviers, etc., sur le matériel et si la destination des bâtiments l'exige (locaux d'habitation, hôpitaux, locaux scolaires, bibliothèques, etc.) et qu'ils absorbent ou atténuent notablement les bruits et les vibrations inhérents au fonctionnement des appareils.

Les ouvertures pour passage des câbles à travers le massif du treuil ou le plancher du local doivent être réduites au minimum à l'aide de fourreaux dépassant le sol ou les massifs de 5 cm minimum pour empêcher les chutes d'objets, outils divers, huile en excès, soit dans la gaine de l'appareil, soit sur la cabine.

L'accès au local de machinerie doit pouvoir se faire sans danger et, pour les bâtiments à usage d'habitation, uniquement par les parties communes

de l'immeuble. Le parcours pour parvenir à l'accès doit être éclairé. A défaut d'escalier, l'accès doit se faire par une échelle fixe (restant en place, mais pas obligatoirement en position d'emploi) à main courante de chaque côté



DOCUMENT ROUX - COMBALUZIER

FIG. 167. — *Étaiement d'un plancher de résistance insuffisante pour l'acheminement dans le chantier d'un gearless (poids 5 tonnes).*

des marches et faisant un angle maximal de 60° avec le plan horizontal, ou une échelle verticale à crinoline. En position d'emploi, les échelles ne doivent pouvoir ni glisser ni se renverser.

Si le local est placé sur une terrasse, l'accès de la terrasse doit se faire (de préférence intérieurement) soit par un escalier, soit à l'aide d'une échelle répondant aux prescriptions de l'alinéa ci-dessus.

A partir de l'endroit où l'escalier aboutit à une terrasse, des protections

doivent être établies tout le long du parcours pour permettre de se rendre jusqu'au local de la machinerie sans aucun danger, même en temps de neige ou de verglas. Des accès doivent être également prévus au moment de la construction du bâtiment, afin que les manœuvres de force, au moment du montage du gros matériel et, le cas échéant, l'enlèvement du matériel détérioré et son remplacement, puissent s'effectuer sans difficulté ni risque d'accident, notamment sans aucune manutention dans les escaliers.

En particulier, dans le cas des gearless, nous avons vu que le poids de ces machines pouvait atteindre plusieurs tonnes. Il est donc nécessaire de prévoir, aussi bien pour le montage que dans le cas d'enlèvement à la suite d'une avarie, des accès capables de supporter plusieurs tonnes au mètre carré.

La figure 167 représente les précautions d'étayement qui ont dû être prises pour la manutention des gearless dans un immeuble où la résistance du plancher des accès n'a pas été suffisamment étudiée, conformément aux prescriptions de la norme.

SURFACE PAR APPAREIL POUR LE TREUIL ET LES ACCESSOIRES EN m^2

	Une vitesse	*Deux vitesses*	*Voltage variable treuil*	*Voltage variable gearless*
300 kg..........	5	5,5	8	10
450 kg..........	5,5	6	10,5	12,5
1 000 kg........		8,5	12	14
> 1 000 kg......		10	12	15

SURFACE POUR LES ARMOIRES DANS LES INSTALLATIONS COMPORTANT JUSQU'A 20 NIVEAUX

(au-dessus de 20 niveaux, multiplier par 1,5 la surface totale)

	Blocage	*Collective descente*	*Collective montée-descente*	
Un appareil.....	2	3	4	
Duplex.........	6	9	12	
Triplex.........			16	
Quadruplex......			24	

3. — Dimensions

Les dimensions du local doivent être suffisantes pour permettre au personnel d'entretien d'accéder à tous les organes sans exception et, en particulier, aux connexions situées derrière les tableaux d'appareillage. En règle générale, le personnel ne doit pas avoir à enjamber des pièces qui peuvent être mises en mouvement. La hauteur sous plafond du local doit être fonction des caractéristiques des appareils sans pouvoir être inférieure à 1,80 m.

La NF P 82 201 s'arrête là et il nous semble que c'est insuffisant. Il est évidemment difficile à un organisme semi-officiel d'imposer des dimensions, car celles-ci sont variables suivant le constructeur. Cependant, le matériel est sensiblement le même qu'elle qu'en soit l'origine et nous pensons qu'il serait possible de prendre plus efficacement position, les termes de la norme demeurant trop sujets à appréciations. Il n'en est pour preuve que les milliers de machineries ridiculement insuffisantes dans lesquelles l'entretien est non seulement pénible, mais également dangereux pour le personnel, où les notions de visite des organes, d'enjambement des pièces ont été prises dans le sens le plus étroit des mots.

Le D.T.U. donne dans le tableau dimensionnel précédemment cité les cotes minimales imposées. Mais le cadre est rigide et ne permet que l'évaluation de l'appareil standardisé.

Les tableaux ci-contre permettront la détermination de la surface d'une machinerie. La longueur et la largeur se déduiront facilement l'une de l'autre. En effet, une dimension au moins est déjà déterminée par les dimensions propres de la gaine. Le premier tableau concerne la surface nécessaire par treuil. Elle tient compte des possibilités de se déplacer pour visiter le treuil sans avoir à enjamber les organes de la trappe d'accès, et pour les voltages variables (treuil ou gearless) de la surface au sol du groupe convertisseur (fig. 168).

Le second tableau concerne la surface des appareillages électriques.

Si nous reprenons l'exemple de calcul de gaine concernant deux appareils de 1 500 kg à 1,50 m/s, avec manœuvre sélective-collective montée-descente, nous avons trouvé pour chaque appareil une gaine de 2,60 m de large et 2,10 m de longueur. La largeur totale, compte tenu des poutres de séparation de gaine de 0,20 d'épaisseur, donne :

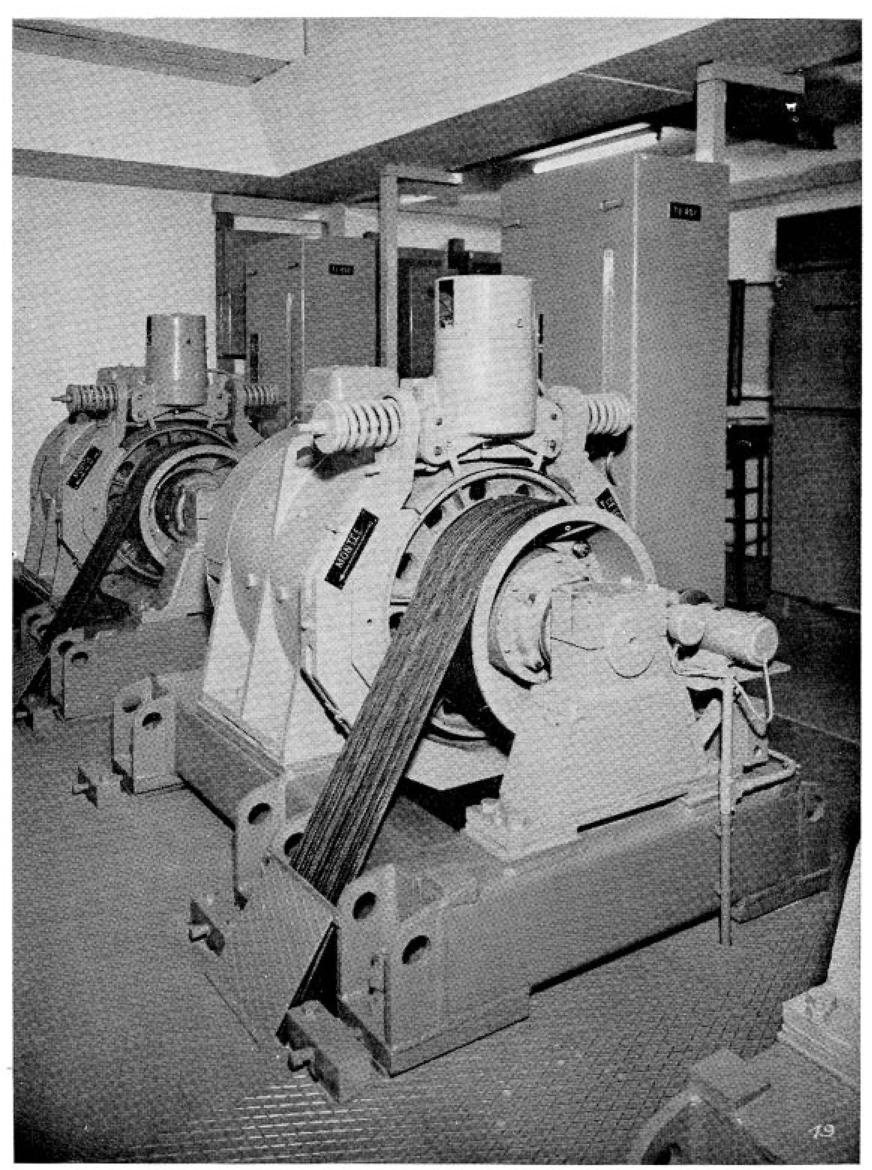
$$2{,}60 + 2{,}60 + 0{,}20 = 5{,}40 \text{ m}$$

Ces appareils étant actionnés par voltage variable avec treuil, la surface totale de la machinerie donne :

Surface des treuils, trappes, groupes : $12 \times 2 =$	24 m²
Appareillage	12 m²
TOTAL :	36 m²

Les dimensions intérieures pourront donc être $6 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 36 \text{ m}^2$.

La hauteur des machineries dépend du poids des pièces à manutentionner et de leurs encombrements. Si, pour les petits appareils à une vitesse, la hauteur de 1,80 m est un minimum, pour ceux qui dépassent 450 kg il



DOCUMENT ROUX-COMBALUZIER - PHOTO H.BARANGER

FIG. 168. — *Batterie de gearless. On voit l'importance des organes qui constituent cette machine et celle des armoires de commande. Les poulies de détour et les groupes convertisseurs se trouvent à l'étage inférieur.*

est nécessaire que cette dimension soit portée à 2,30 m et pour les ascenseurs à voltage variable avec treuil à 2,50 m à 3 m, et avec gearless à 3,50 m.

C. — Impératifs d'équipement

1. — Manutention

Un ou plusieurs fers ou crochets, suivant le cas, doivent être prévus au plafond du local pour permettre les manœuvres de force au moment du montage du gros matériel et éventuellement l'enlèvement du matériel ayant subi une avarie et son remplacement.

Pour les installations qui comportent des appareils de plus de 450 kg de charge ou à voltage variable, il est nécessaire de prévoir un monorail ou tout autre moyen de manutention.

Rappelons, que le treuil d'un appareil 1 000 kg peut atteindre 1 200 à 1 500 kg, qu'un groupe convertisseur pèse au minimum 1 000 kg (il n'est pas recommandé de le démonter sur chantier), et que le poids d'un gearless de petite taille est de 2 000 kg minimum.

2. — Équipement électrique et éclairage

L'éclairage du local doit être assuré sur la base minimale de 50 lux au niveau du sol.

Cet éclairement correspond pour une hauteur de plafond de 2 m à 200 lumens environ par mètre carré avec éclairage par hublots ou par lampe fluorescente nue.

La lampe à incandescence de 60 W donne 730 lumens en 220 V;

La lampe à incandescence de 75 W donne 950 lumens en 220 V;

La lampe à incandescence de 100 W donne 1 380 lumens en 220 V;

La lampe fluorescence de 40 W (1,20 m) blanc super donne 2 500 lumens.

Ainsi, dans l'exemple précédent, la machinerie a une surface de 36 m²; l'éclairement total est de $36 \times 200 = 7\,200$ lumens et pourra donc être réalisé, soit par six points lumineux de 100 W à incandescence qui donneront $1\,380 \times 6 = 8\,280$ lumens, soit par trois points lumineux de 40 W à fluorescence (tubes blanc super de 1,20 m) avec lesquels on obtiendra $2\,500 \times 3 = 7\,500$ lumens.

L'éclairage sera commandé par un interrupteur placé à l'intérieur du local contre le battant de la porte et à hauteur de la serrure. Si la machinerie

comporte deux accès, il est recommandé de commander l'éclairage par va et vient.

Cet éclairage doit être assuré indépendamment de l'alimentation force de la machinerie soit par une canalisation indépendante, soit sur la même canalisation en amont de l'interrupteur principal.

Des socles de prise de courant doivent être prévus aux endroits les plus favorables pour permettre le réglage et l'entretien des pièces qui ne peuvent être suffisamment éclairées par des lampes fixes.

En ce qui concerne l'équipement électrique, le D.T.U. n° 70-1 de décembre 1966 « Installations électriques des bâtiments à usage d'habitation » prévoit que le tableau d'arrivée de courant doit être situé le plus près possible de la porte d'entrée et comporter :

— un appareil de coupure omnipolaire force motrice par ascenseur (bipolaire pour le monophasé, tripolaire pour le triphasé, tétrapolaire pour le diphasé) dont le courant nominal doit être au moins égal à la valeur de l'intensité donnée par la relation (28);

— un dispositif de protection force motrice par ascenseur; (l'ensemble de ces deux appareils peut être installé sous forme d'un combiné interrupteur et coupe-circuit, mais ces derniers doivent de préférence être à haut pouvoir de coupure et du type A.M. (accompagnement moteur) pour, d'une part, assurer la protection efficace de la machinerie, et, d'autre part, pour que les pointes de démarrage du moteur ne provoquent des fusions intempestives;

— les dispositifs d'alimentation (relais, inverseurs, transformateurs éventuels) et les dispositifs de coupure et de protection des circuits terminaux d'éclairage normal des cabines et de la lampe du tableau. En général, le constructeur demande une alimentation réalisée par un combiné d'éclairage, indépendant comme nous l'avons vu, de l'éclairage de la machinerie;

— une lampe d'éclairage avec son interrupteur et son dispositif de protection. Cette lampe (dont nous ne voyons pas l'utilité) devrait être protégée mécaniquement, le tableau d'arrivée étant à hauteur d'homme;

— deux socles de prises de courant à 24 V avec transformateurs de sécurité 750 V A, interrupteurs et dispositifs de protection;

— un dispositif de protection de l'éclairage de la machinerie (fusible bipolaire série blanche de préférence à la série bleue);

— les bornes du circuit d'alarme;

— une borne de prise de terre, reliée à une terre.

Cette installation doit être réalisée par appareil.

Nous ajouterons, pour compléter cette énumération, que lorsque deux appareils ou plusieurs fonctionnent en manœuvre sélective, une alimentation séparée doit être prévue, destinée aux armoires communes des ascenseurs en batterie. Cette alimentation, dans le cas des quadruplex, est relativement importante et peut atteindre 5 kVA ou plus.

3. — Ventilation et température

Le local doit être ventilé de telle sorte que le moteur, l'appareillage ainsi que les canalisations électriques soient complètement à l'abri des poussières, des vapeurs nuisibles et de l'humidité, et sauf convention spéciale, la température ambiante doit être maintenue entre + 5° et 40 °C.



INDEX ALPHABÉTIQUE

INDEX ALPHABÉTIQUE

D

E

F

G

H

I

L

M

N

O

V

Z

Imprimé en France
IMPRIMERIE FIRMIN-DIDOT. — PARIS - MESNIL - IVRY — 732
Dépôt légal : 1er trimestre 1970.